FSQ e SMP, alcune analisi 2016 - preparazione al 2017



00000

00000

Livio Fanò con Fabio Cossutti e Marta Ruspa

CMS Italia, Spoleto 14-16 Dicembre 2016

1) 2016: una overview veloce

FSQ - risultati salienti SMP - risultati salienti

2) 2017 piani e technical constraint

FSQ

+ MPI in dinamica soffice (tuning) e dura (Double Parton Scattering searches/characterization)

GEN-14-001, FSQ-15-007, FSQ-13-001, FSQ-16-005, FSQ-13-010

 Sondare la dipendenza energetica e la dimensione del sistema con le correlazioni: LRNS (e B-E)
 Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 172302

+ Attività forward e diffrazione FSQ-13-008, FSQ-13-009, FSQ-12-001,CMS PAS FSQ-14-001

Modelli a interazioni partoniche multiple sono stati introdotti

nel passato per giustificare evidenze sperimentali:

ss molteplicità dei carichi, energy flow, KNO scaling, sezione

• 0 introducing a regulator p_T , **g'urto inelastica...** The total 2 \rightarrow 2 partonic cross PYTHIA8: fix this divergence by section is divergent for $p_T \rightarrow 0$ introducing a regulator $p_{T,0}$ oss PYTHIA8: fix this divergence by

 $\rightarrow 0 \qquad \text{infiberucing are gulater} p_T = 0 \qquad \text{infiberucing are gulat$

$$\frac{d\sigma_{2\to2}}{dp_T^2} \propto \frac{\alpha_s^2(p_T^2)}{p_T^4} \rightarrow \frac{\alpha_s^2(p_T^2 + p_{T,0}^2)}{(p_T^2 + p_{T,0}^2)^2} \qquad \text{regolarizzata tramite un cut-off}$$

 $< n_{MPI} >= \sigma(p_T) / \sigma_{inel}$ le MPI riassorbono l'eccesso residuo

 $< n_{MPI} > = \sigma(p_T) / \sigma_{inel}$

This motivates the measurement

pf #Inforphe>teadingr charged Lation So ad una scalaisenergeticangrandencon LHC, rende 9556 ad una scalaisenergeticangrandencon LHC, rende 956 piviloileairinapproceio perturbativo, **Double Parton** particle **Scattering** è il primo meccanismo accessibile



MPI 1/6

Underlying Event and MC tuning



Due misure di riferimento

- 1) UE observables (charged particle multiplicity e pT sum) a 13 TeV in MIN e MAX region
- (in funzione del leading track pT)
- 2) Charged particle multiplicity in collisioni MinBias

Tuning MC (MPI, I-FSR e PS) da osservabili MB e MPI CUETP8M2T4 è il nuovo tune UE/MB a 13 TeV

CMS-GEN-XXX: paper in preparation

MPI 2/6

Underlying Event and MC tuning

Impact of the parton shower tuning in Pythia 8 in the modelling of tt_bar at 8 and 13 TeV



Descrivere la jet multiplicity in top events \rightarrow tune of α^{ISR} and *hdamp* (hdamp is an internal parameter inside the POWHEG ME simulation, which regulates the amount of additional hard radiation)

La ricostruzione di eventi top deve essere precisa (nuova fisica, fondi e.g. ttH) Alta molteplicità -> sensibile allo showering (quindi al tune UE)

GEN-14-001, TOP-16-021, EPJC 76 (2016) 155

MPI 3/6

DPS - una sonda diretta



DPS: 2 interazioni hard in una singola collisione p-p



A+B è power suppressed rispetto al corrispondente SPS

Ma..

- 1) DPS compete con SPS quando il processo è soppresso (piccoli/ multipli accoppiamenti - same sign WW, produzione H+W)
- 2) DPS popola lo spazio delle fasi diversamente dall'SPS (in particolare tende a popolare la regione a piccoli q_A , q_B)
- 3) DPS diventa relativamente più importante all'aumentare dell'ecm (x più piccoli, con più alta densità partonica)
- 4) DPS è una sonda innovativa per la struttura del protone (in particolare le correlazioni partoniche nel protone)

MPI 4/6

DPS - una sonda diretta



MPI 5/6

DPS - una sonda diretta



sperimentalmente, fino ad ora, gli sforzi sono sulla misura di sigma_eff

- 1) incertezze grandi per la dipendenza dal modello MC
- 2) valori tendenzialmente minori (?) per misure charmate
- 3) limiti di risoluzione (jet a basso pT)

Con più statistica e energia -> canali diretti, ad esempio il same-sign WW



FSQ

- + MPI in dinamica soffice (tuning) e dura (Double Parton Scattering searches/characterization) GEN-14-001, FSQ-15-007, FSQ-13-001, FSQ-16-005, FSQ-13-010
- + Sondare la dipendenza energetica e la dimensione del sistema con le correlazioni: LRNS (e B-E)

Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 172302

+ Attività forward e diffrazione FSQ-13-008, FSQ-13-009, FSQ-12-001,CMS PAS FSQ-14-001

N^{offline}

LRNS correlations

Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 172302

Le correlazioni LRNS sono visibili in p-p, p-Pb and Pb-Pb con CMS

La struttura ridge-like diventa significativa per molteplicità >40 in tutti e 3 i sistemi e cresce con la molteplicità

Per una data molteplicità lo yield cresce più rapidamente per sistemi più grandi (pp è il 10% and 25% di quello osservato in PbPb and pPb)

C'e' una dipendenza forte dalla system-size

elliptic flow, strange production... hydrodynamical interpretation?

Hydrodynamics? Color Glass Condensate? angular-correlated MPI ??

ricordiamo questi aspetti per il 2017...

FSQ

- + MPI in dinamica soffice (tuning) e dura (Double Parton Scattering searches/characterization) GEN-14-001, FSQ-15-007, FSQ-13-001, FSQ-16-005, FSQ-13-010
- Sondare la dipendenza energetica e la dimensione del sistema con le correlazioni: LRNS (e B-E)
 Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 172302

+ Attività forward e diffrazione

FSQ-13-008, FSQ-13-009, FSQ-12-001, CMS PAS FSQ-14-001

Forward activity and diffraction

Alto PileUp rende impossibile il tag dei rapidity gaps, e complica l'efficacia dei tagli di esclusività

- → verso l'uso esclusivo del proton-taggers (TOTEM)
- → integrazione con CT-PPS (vedi talk di Enrico venerdì)

Exclusive production 1/2

W+W- exclusive production

Selection: opposite sign leptons with pT1> 20 GeV, lηl<2.4 GeV Exclusivity cut: no extra track on vertex Control sample: μμ,ee (exclusivity cut, proton dissociation) Signal sample: eμ with pT(eμ)>30 GeV – limits on aQGC

 $u^+ W^+$

 $\mu^-.W^-$

13 events osservati in eccesso su SM bkg of 3.3±0.3

 $\sigma(pp \to p^{(*)}W^+W^-p^{(*)} \to p^{(*)}\mu^{\pm}e^{\mp}p^{(*)}) = 12.3^{+5.5}_{-4.4} \text{fb}.$

con una previsione SM di 6.9 +/-0.6 fb

il pT del sistema di-lepton può essere usato per estrarre i limiti nell'ipotesi di AQGC

Nuovo constrain su A-Quartic Gauge Coupling:

- + 25% meglio che nel 2011 (Λ=500 GeV)
- + 3x meglio che nel 2011 in "no form factor"

Exclusive production 2/2

Measurement of exclusive Y photoproduction in pPb - collisioni ultraperiferiche

Jet-GAP-Jet

Compared to CDF/D0 results at 1.8 TeV – suppression by a factor of 2 (consistent with that observed at Tevatron for 1.8/0.63 TeV)

LL BFKL Mueller Tang (MT) model does not describe the data, waiting for NLO BFKL predictions of Royon et al.

CMS+TOTEM

Diffractive dijet production

Low PU 2012 CMS+TOTEM data @ 8 TeV, L ~ 50 nb⁻¹, L1 Dijet trigger

dijets with pT>30 GeV, $|\eta|<4.4$, single vertex Good proton in either RP; x,y fiducial cuts, $0.03<\xi<0.1$, 0.03<|t|<1 GeV² MC: SD - POMWIG SD and POMWIG Reggeon, ND - PYTHIA QCD (no pileup) ξ_{CMS} - $\xi_{TOTEM} < 0$ - to reject beam- and PU-related background, main issue

Measurement vs t cross section

Measurement vs $\boldsymbol{\xi}$ cross sections

CMS PAS FSQ-14-001, TOTEM-NOTE-2014-002

SMP

+ Vincolare Q_S(M_Z) e PDFs PDFs da jets, DY, V+HF... SMP-14-001, SMP-14-010, SMP-14-020, SMP-16-011, SMP-16-016, SMP-16-009

+ Vincolare la precisione: misura W-like per la massa dello Z SMP-14-007, SMP-16-007

+ Multi-boson: Vector Boson Scattering e Fusion SMP-16-001, SMP-14-008

SMP

+ Vincolare **CIS(Mz)** e PDFs PDFs da jets, DY, V+HF... SMP-14-001, SMP-14-020, SMP-14-010, SMP-16-011, SMP-16-016, SMP-16-009

+ Vincolare la precisione: misura W-like per la massa dello Z SMP-14-007, SMP-16-007

+ Multi-boson: Vector Boson Scattering e Fusion SMP-16-001, SMP-14-008

as(Mz) and PDFs SM 1/4

Analisi sezioni d'urto doppio e triplo-differenziale della produzione di-jet Fotone(+jets) DY ad alta massa

- + Attività su V+HF a 13 TeV (c'è un embrione di analisi W +c)
- + L'Italia è al momento ~ assente in questo ambito (a parte **Trieste** in 14-001, 14-010, 14-020)

SMP

+ Vincolare Q_S(M_Z) e PDFs PDFs da jets, DY, V+HF... SMP-14-001, SMP-14-010, SMP-14-020, SMP-16-011, SMP-16-016, SMP-16-009

+ Vincolare la precisione: misura W-like per la massa dello Z SMP-14-007, SMP-16-007

+ Multi-boson: Vector Boson Scattering e Fusion SMP-16-001, SMP-14-008

SM 2/4

W-like measurement of the Z boson mass using dimuon events in pp collisions at 7 TeV

Verifica quantitativa della precisione nella ricostruzione della massa del W nel suo decadimento leptonico

verifica della SM-consistency:

accuratezza < 6 MeV nella determinazione di m_W (considerando l'accuratezza nella misura della massa del top e dell'Higgs)

$$M_Z$$
^{Wlike} = 91206 ± 36 (stat.) ± 30 (syst.) MeV

- + interessante chiedersi cosa CMS voglia fare (imminente la prima misura di ATLAS)
- + misura robusta anche nel caso di alto pileup (trkETmiss)
- + presenza italiana con SNS Pisa

SMP

+ Vincolare **Q**_S(M_Z) e PDFs PDFs da jets, DY, V+HF... SMP-14-001, SMP-14-010, SMP-14-020, SMP-16-011, SMP-16-016, SMP-16-009

+ Vincolare la precisione: misura W-like per la massa dello Z SMP-14-007, SMP-16-007

+ Multi-boson: Vector Boson Scattering e Fusion SMP-16-001, SMP-14-008

SM 3/4

Multi-boson

Measurement of the ZZ production cross section and $Z \rightarrow III'I'$ branching fraction

$$\begin{split} &\sigma(\mathrm{pp} \to \mathrm{ZZ}) = 14.6^{+1.9}_{-1.8}\,(\mathrm{stat})^{+0.5}_{-0.3}\,(\mathrm{syst}) \pm 0.2\,(\mathrm{theo}) \pm 0.4\,(\mathrm{lum})\,\mathrm{pb}.\\ &\sigma(\mathrm{pp} \to \mathrm{Z}) \times \mathcal{B}(\mathrm{Z} \to \ell \ell \ell' \ell') = 250^{+43}_{-39}\,(\mathrm{stat})^{+15}_{-11}\,(\mathrm{syst}) \pm 4\,(\mathrm{theo}) \pm 7\,(\mathrm{lum})\,\mathrm{fb}. \end{split}$$

- + La multi-boson production è un campo sempre più importante in SMP, soprattutto considerando le sinergie con HIG (EXO, FSQ...)
- + Misure consistenti tra esperimenti e per diverse e.c.m., in accordo con le previsioni SM
- + Piccole differenze residue ATLAS/CMS da fiducial cuts
- + Italia presente con Torino

SM 4/4

Phase I aged 140 PU Phase II 140 PU Phase II 140 PU 10⁻¹ 0 2000 4000 6000 Luminosity (fb⁻¹)

Multi-boson in Fase-2

Prospects for the study of vector boson scattering in same

- + componente **EWK**: potenziale sul longitudinal vector boson scattering
- + la sensibilità a **nuova fisica** viene investigata "partial unitarization scenario" e anomalous coupling in EFT
- + la presenza italiana è grazie a **MIB**

2017(/18) - piani

FSQ - physics

- + DPS 1) osservazione diretta in same sign WW e double open-charm production 2) da "mean" a "tails", il ruolo della molteplicità **Perugia**
- + Tuning e intertuning (MPI soft<->hard) presenza italiana indiretta
- + Correlazioni ? (c'era **Padova** nelle B-E)
- + Diffrazione (Torino, Genova)
- + Multijet topology (forward, central/forward, Mueller-Navelet) manca una presenza italiana nella fisica dei jet in generale

SM - physics

- + PDFs e V+HF Italia parzialmente coinvolta (Trieste)
- + W mass, quale futuro ? (Pisa)
- + Preliminare: misura di $sin^2(\theta_W)$
- + LHC "*a large vector boson collider*" (la biodola 2014 Govoni, Mariotti, Roda)
 - + Torino su VV, Milano (in prospettiva Firenze) su VBS, Pisa,
 Firenze su VBF

in prospettiva: visione combinata da più gruppi SMP+HIG(+EXO+FSQ...) su EFT, ad esempio con same-sign WW ?

2017 - PU & trigger

Tutte le analisi basate sul tracker possono sostanzialmente essere proiettate in uno scenario ad alto Pile-Up

Misure forward e diffrattive, x-sections, jets, etc...-> serve un basso Pile-Up

FSQ ha richiesto run specifici a low-pu (anche se il management ha ridimensionato drasticamente la richiesta)

Nel 2017 i low pile-up data arriveranno principalmente da:

- + data taking per i VdM scans
- + mini luminosity ramp-ups di LHC
- + c'e' un proposal per utilizzare le "end-of-fill beam separations"

No support for a common data taking with TOTEM

D'altra parte si vorrebbe poter comunque contare sui run ad alta luminosità, i.e. background subtraction methods per misurare forward/central correlations in jets/bosons production

TRIGGER

FSQ e SMP - già nel 2015 and 2016 molto lavoro per la costruzione dei menu specifici (dedicati per basso pileup e "alto" pile-up). I gruppi dovrebbero poter contare sull'esistente

conclusioni/considerazioni

FSQ ha fornito il tune di riferimento per la presa dati 13 TeV in tempi brevi, ha fornito nel 2016 importanti highlights per la caratterizzazione delle MPI, delle LRNS correlations, produzione EW, VF jet x-section...investigando (not so) small-x e sistemi di diversa grandezza.

In entrambi i gruppi la presenza italiana è generalmente (molto) piccola, concentrata nello studio delle MPI nel caso FSQ, maggiormente dispersa nel caso SM

Presenza invece rilevante nella fisica CMS-TOTEM e CT-PPS!

La presenza italiana andrebbe rafforzata nei settori potenzialmente fondamentali ma sguarniti: jet e multi-jet physics, sistemi più grandi (pN, NN...) e consolidata nei più promettenti (multi-boson), auspicabilmente con un'azione inter-PAG

I gruppi hanno piani di misure dettagliati per il 2017

L'alto Pile-Up limita la possibilità di misurare bene la regione forward, la possibilità di avere run dedicati a basso PU o utilizzare condizioni particolari del fascio dovrebbe comunque garantire l'attività di misurazione forward

Non sembrano esserci sostanziali cambiamenti nei triggers in vista, i flussi elaborati fino ad ora garantirebbero il datataking

CMS+TOTEM

4 triggers from TOTEM to CMS:

i) DPE Roman Pots (diagonal coincidences) + HLT track

ii) Zero Bias

iii) Minimum Bias T2

iv) DPE Roman Pots (top-top bottom-bottom coincidences)

2 triggers from CMS to TOTEM:

DoubleMuon, DoubleJet (and SingleMuon_vetoHF in 50/250 bx fills)

 Very high TOTEM (DPE) rates: CMS L1 ~ 80 kHz, CMS physics stream ~ 10 kHz

Long and complicated procedure to merge the data (offset finding, event matching, final merging). Moreover CMS tracking had to be optimized for low p_T . Now all solved and very promising data on Central Exclusive Production