

L'ESPERIMENTO







Gli obiettivi di fisica

Nucleon spin structure

- Gluon polarization $\Delta G(x)$
- Flavour-dependent helicity functions ∆q(x)
- Transverse-spin distribution functions $\Delta_T q(x)$
- Spin-dependent fragmentation (ΔD Λ_α)
 Studio della struttura di spin dei nucleoni, cioe' dei componenti dei nuclei atomici: p, n

Spectroscopy

- Primakoff reactions
 - Polarizability of π and K
- Glueballs and hybrids
- Charmed mesons and baryons
 - Semileptonic decays
 - Double-charmed baryons

Studio della zoologia delle particelle di tipo adronico (fra le quali vi sono i nucleoni)





COMPASS & TRIESTE

Un gruppo di fisici di Trieste e' stato fra i proponenti di COMPASS e il loro interesse di fisica e' centrato sullo studio della struttura di spin dei nucleoni Hanno contribuito all'esperimento anche progettando e realizzando un rivelatore che e' una delle maggiori sfide realizzative di COMPASS: il RICH-1





LO SPIN: una proprieta' fondamentale

lo spin: il "momento angolare innato" delle particelle intuitivemente (ma impropriamente) immaginato come il movimento di una trottola



- · puo'avere solo valori interi o seminteri del cosiddetto quanto di azione di Plank
- e, p, n hanno spin 1/2
- lo spin dell'elettrone determina la distribuzione degli elettroni negli orbitali atomici e quindi gioca una funzione preminente nei processi chimici; lo spin del protone e del neutrone svolge un ruolo essenziale nella struttura dei nuclei -> il mondo intorno a noi e' fatto così come lo vediamo perche' e, p, n hanno spin $\frac{1}{2}$!





p, n - sono ELEMENTARI?

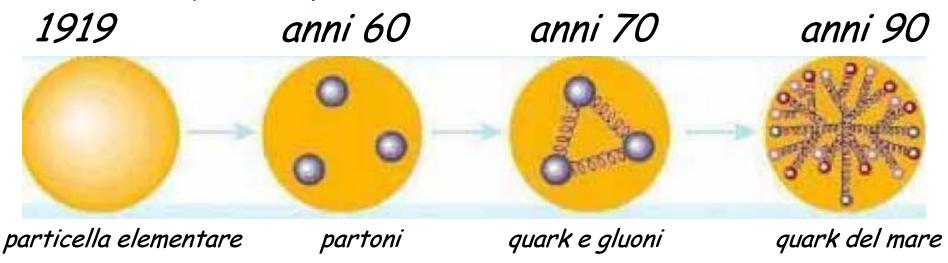
- p, n: NUCLEONI
- dalla teoria di DIRAC
 per una particella elementare con spin ½ e carica elettrica → momento magnetico, direttamente proporzionale alla carica ed inversamente proporzionale alla massa
- · questo non e' verificato per i nucleoni
- · p ha momento magnetico ~ 3 volte maggiore
- · n ha momento magnetico ~ -2/3 quello di p





L'evoluzione della conoscenza del protone

- Negli anni '50 a Stanford, in California si misura la dimensione finita (= non e' puntiforme !!!) del protone (~1fm)
- Negli anni '60, sempre a Stanford, si scopre con sorpresa che il protone ha una struttura interna, fatta di partoni
- · Classificazione degli adroni: si introducono i quark
- Identificazione partoni







Il contesto

- Negli anni '50 a Stanford, in California si misura la dimensione finita del protone (~1fm)
- Negli anni '60, sempre a Stanford, si scopre con sorpresa che il protone ha una struttura interna, fatta di partoni
- I partoni risultano avere spin $\frac{1}{2}$, come gli elettroni
- Negli anni '70 la disponibilità di bersagli polarizzati consente di studiare l'urto profondamente inelastico polarizzato e nell'83 la prima misura (SLAC-Yale) è in accordo con le aspettetive basate sul modello a quark
- Nel 1988 dalla EMC del CERN esce un risultato incredibile: solo una frazione molto piccola (forse 0) dello spin del protone è dovuta allo spin dei quark





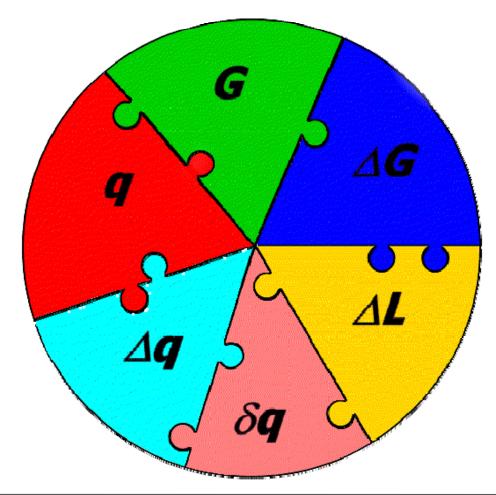
Il contesto

- Più di mille articoli teorici vengono scritti, con le più svariate interpretazioni di questa "crisi dello spin"
- Una nuova generazione di esperimenti, in Europa e negli Stati Uniti, inizia uno studio sistematico di questo fenomeno, confermando il risultato di EMC
- I risultati presentano un quadro sempre più ricco, ma lasciano intatto il quesito iniziale: dove sta lo spin del protone?
- Nel 1994 risulta chiaro che solo un nuovo approccio, con un apparato sperimentale diverso, capace di analizzare tutte le particelle uscenti dall'interazione principale puo` consentire di rispondere a una domanda chiave: qual'e` l'apporto dei gluoni allo spin del protone?





(spin) structure of the nucleon

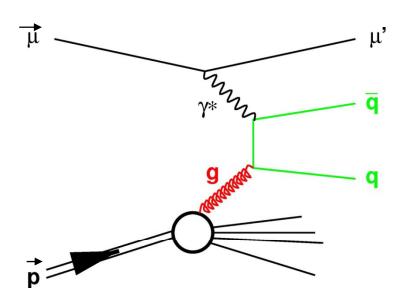






$\Delta G/G$ from cc and high p_T hadron pairs

Photon Gluon Fusion: $\gamma g \rightarrow q \bar{q}$



High p_T hadron pair qq -> hh



La Collaborazione

- 1995: HMC and CHEOPS L.o.I. at CERN
- 1996: COMPASS Proposal
- 1997: CERN approval of the Experiment
- 2000: Technical run
- 2001: Commissioning + 2 weeks of data
- <u>2002: Physics run</u>

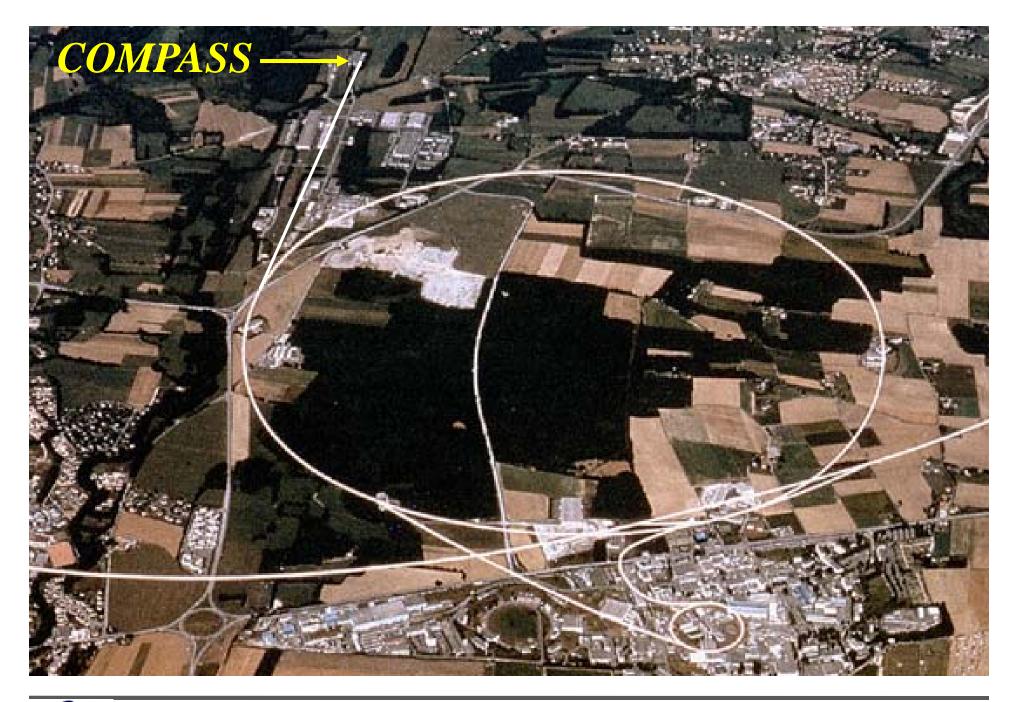
30 Istituti da 10 Stati

250 fisici



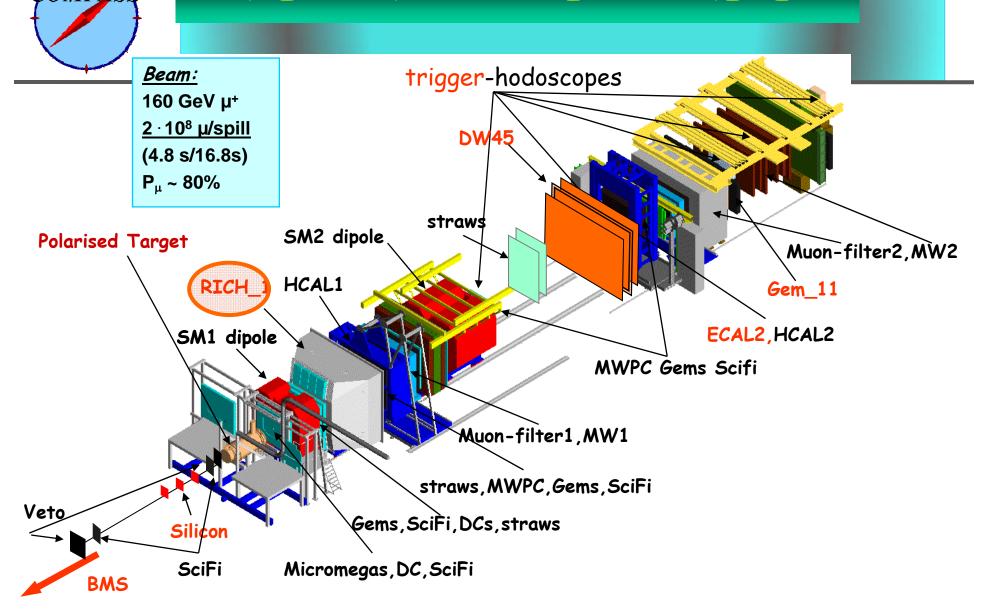








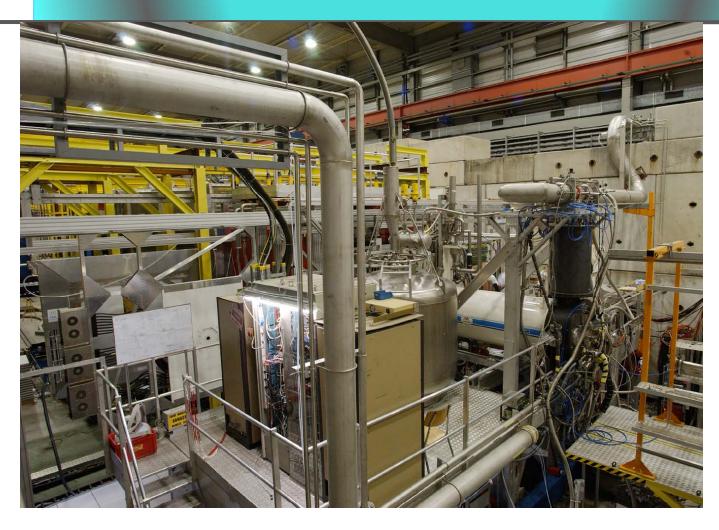
THE COMPASS SPECTROMETER







The target region in the hall





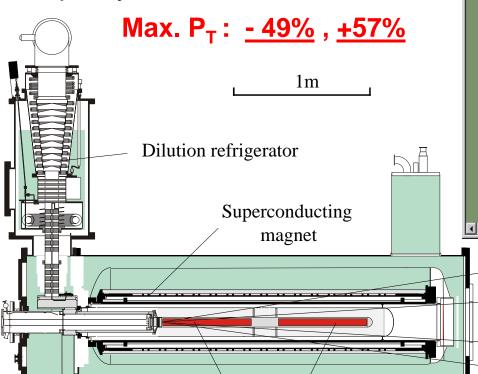


⁶LiD Target

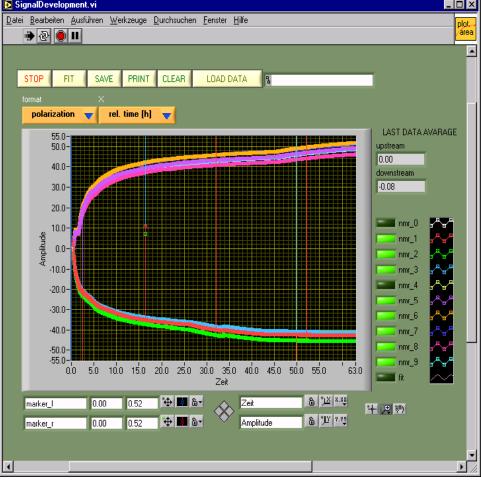
2 halves polarised in opposite directions

Dynamic Nuclear Polarization

Frequency Modulation



Targets



Dilution factor ~50%

Solenoid: 2.5 T

Dipole: 0.5 T

Relaxation time: >1000 h for 0.5 T



resent Acceptance

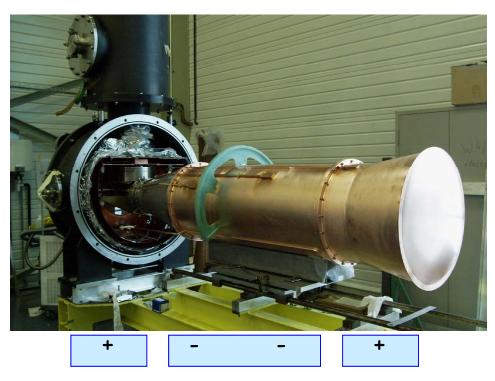
180 mrad --> 70 mrad

<mark>IPASS Acceptance</mark>



Polarized target upgrade, in 2006





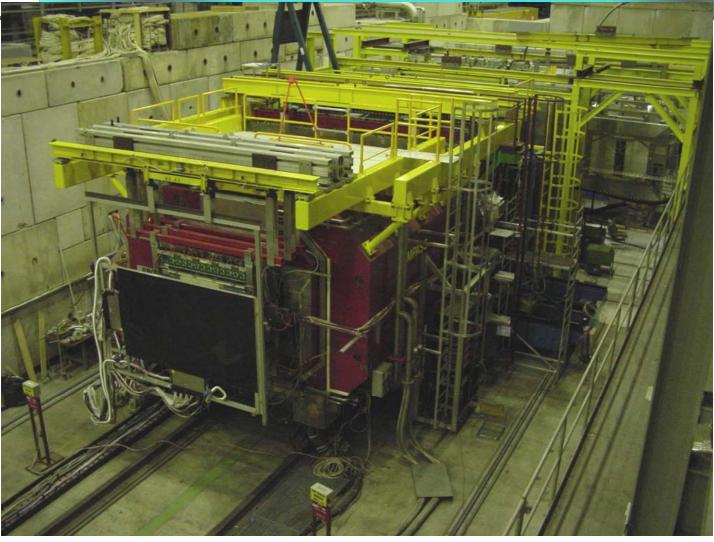
New COMPASS target magnet

New 3-cell system & microwave cavity matched for larger acceptance, reduces false asymmetries





SM2 and the LAS region

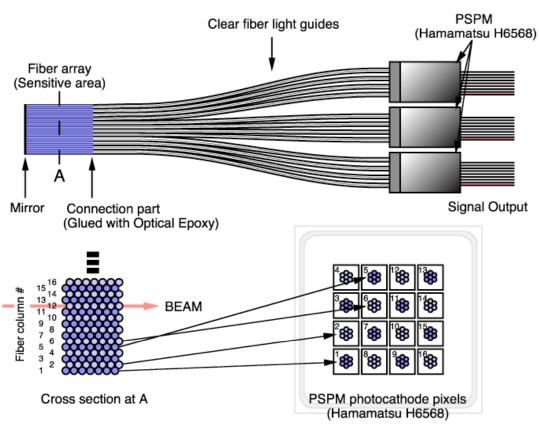






Scintillating Fibers Hodoscopes

9 stations: 21 coordinates



Sensitive area:

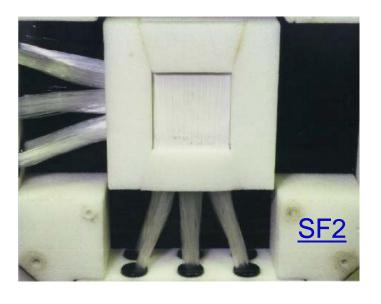
7-layers of Kuraray SCSF-78MJ 0.5 mm Ø

Rate capability > 5 MHz per channel

Efficiency: 99%

Space resol. 130 – 250 µm

Time resol. < 400 ps



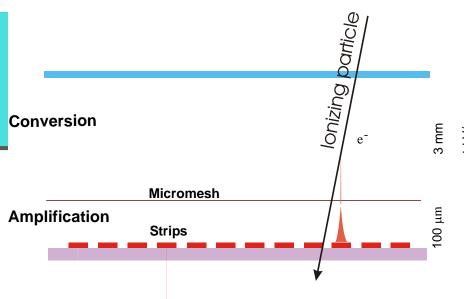


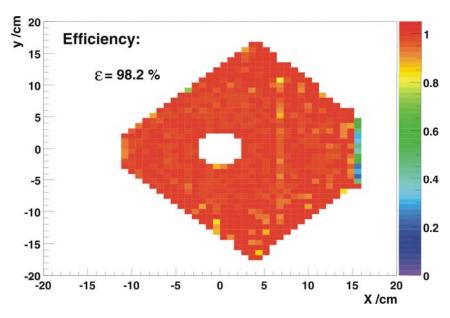


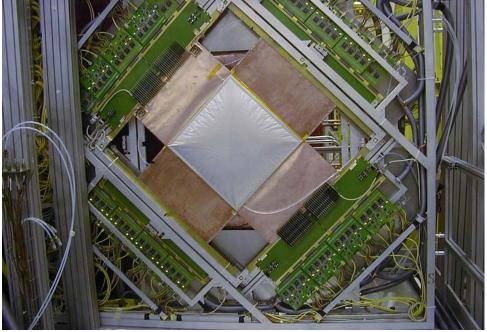
12 planes 40 x 40 cm²

Space resolution: 70 µm

Time resolution: 8 ns











GEM

20 triple GEM detectors with 2 dimensional r/o

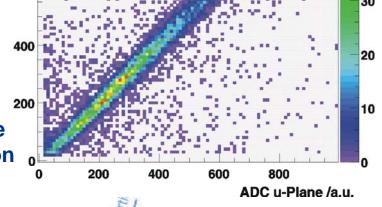
· Space resolution: 70 μm

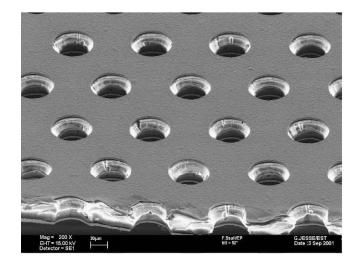
• Efficiency ~ 96 - 97%

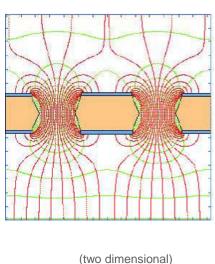
· Time resolution: 15 ns

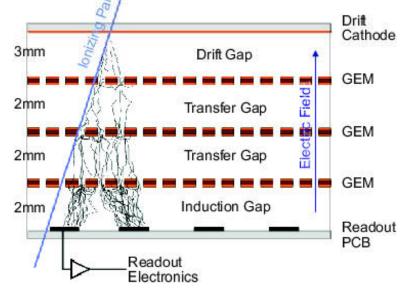


ADC v-Plane /a.u.











MWPCs

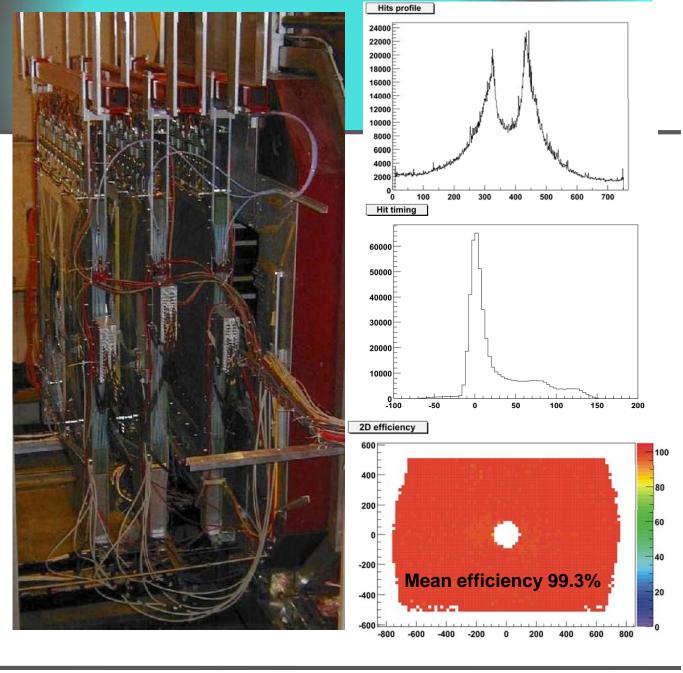
Total of 34 planes

SAS Tracking

• Gas mixture: 70% Ar, 20% CF₄, 10% CO₂

• High voltage: 4.25 kV

• Discr. threshold: 4fC



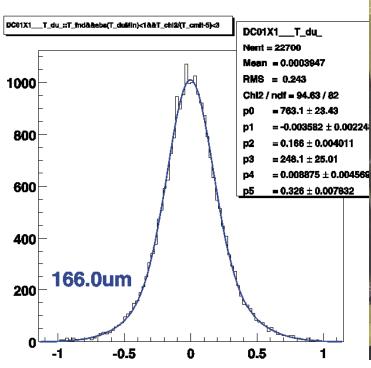




Drift Chambers for LAS

3 chambers with 8 coordinates each

Efficiency: 95 - 99.8 %

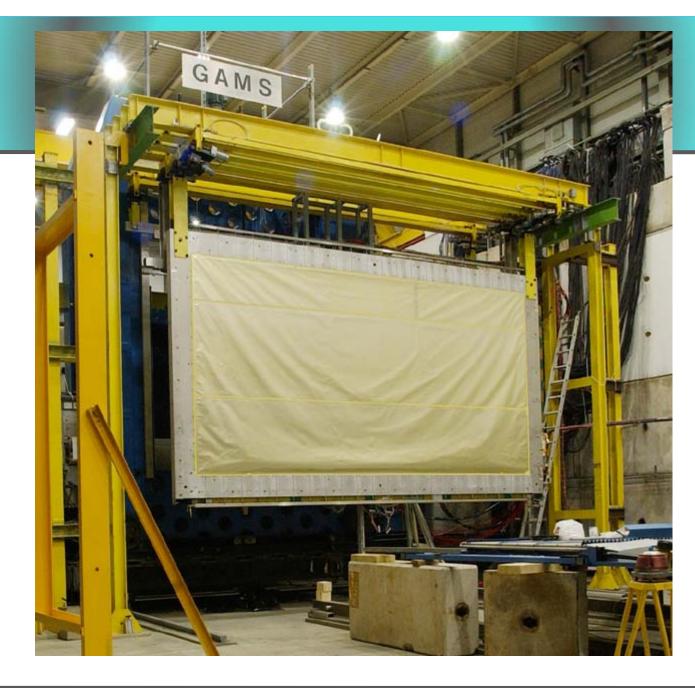






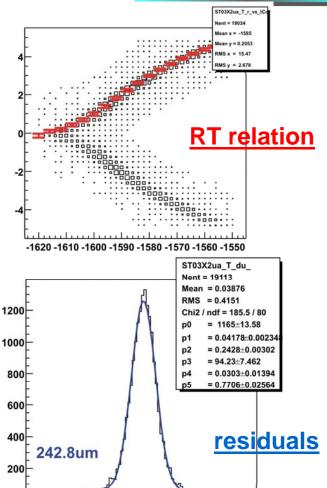


Drift Chambers for SAS



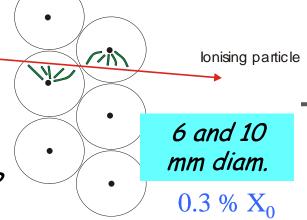


STRAWs



1 Module = 6 double layer

 $3.2 \times 2.4 \text{ m}^2$



Installation of a double layer





-2 -1.5 -1 -0.5 0 0.5 1 1.5 2

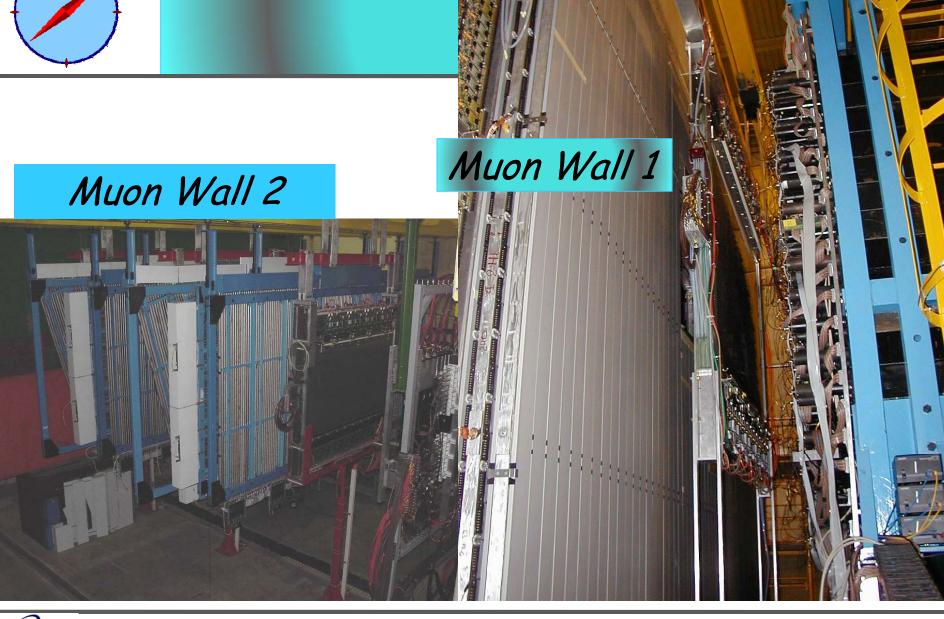


HCAL 1













RICH

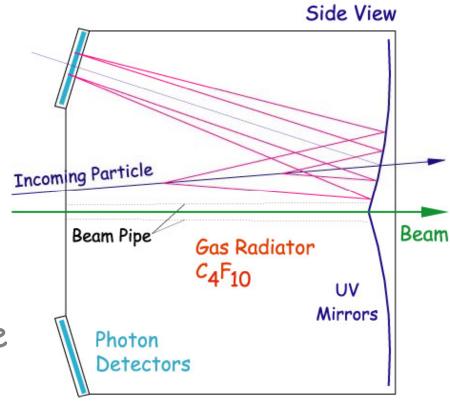
RICH =

Ring

Imaging

CHerenkov (detector)

Uso un effetto elettromagnetico per misurare la velocita' di particelle ultrarelativistiche fino a $(c-\beta)/c \sim 10^{-7}$





COMPASS RICH-1

hadron PID from 3 to 60 GeV/c

acceptance: H: 500 mrad V: 400 mrad

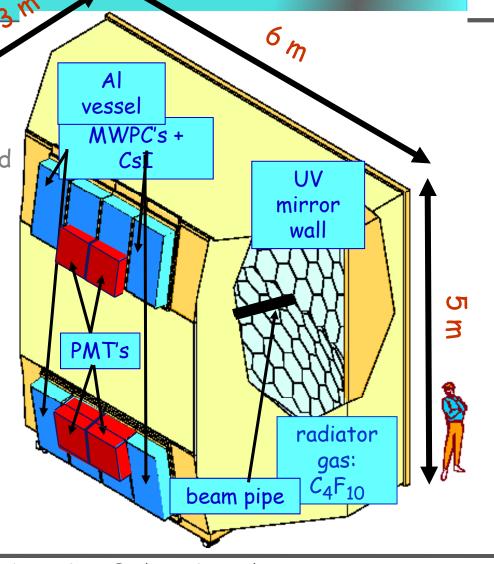
trigger rates: up to ~100 KHz beam rates up to ~108 Hz

material in the beam region: $2.4\% X_{\circ}$ material in the acceptance: $22\% X_{\circ}$

detector designed in 1996

in operation since 2002

upgraded in 2006





the vessel and the mirror

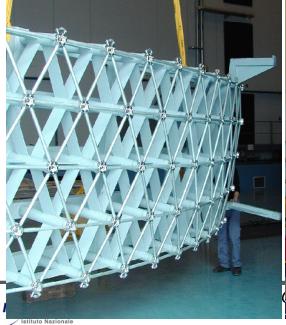


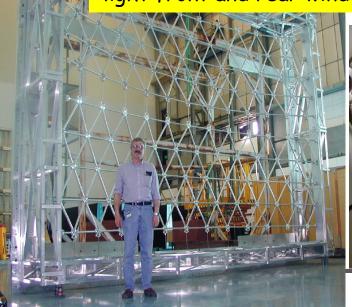


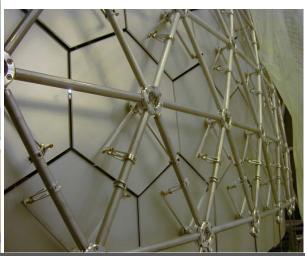
Large and accurate mechanics









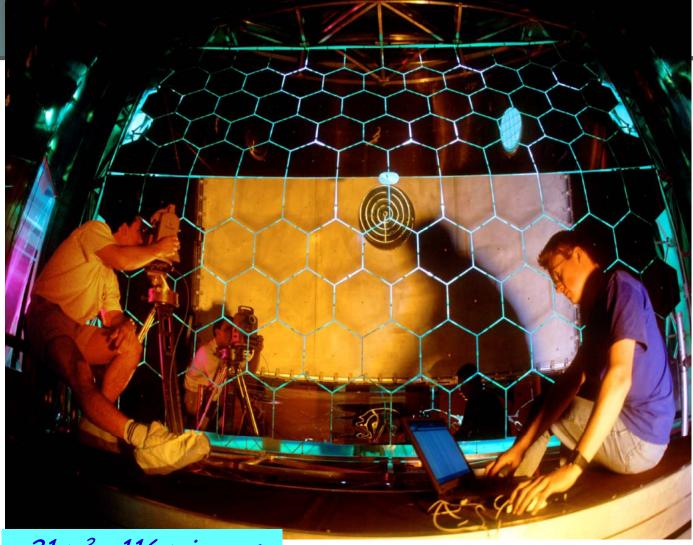


mirrors and alignment







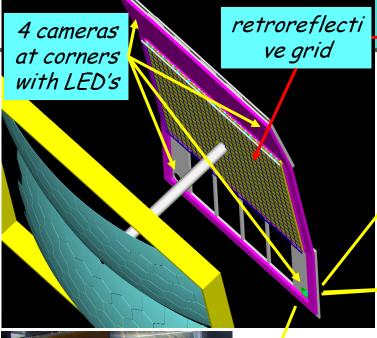


21 m², 116 mirrors radius: 6.6 m

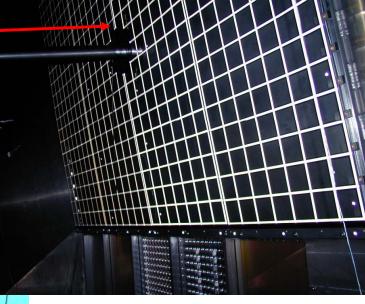
angular regulation screws



CLAM: mirror alignment monitoring









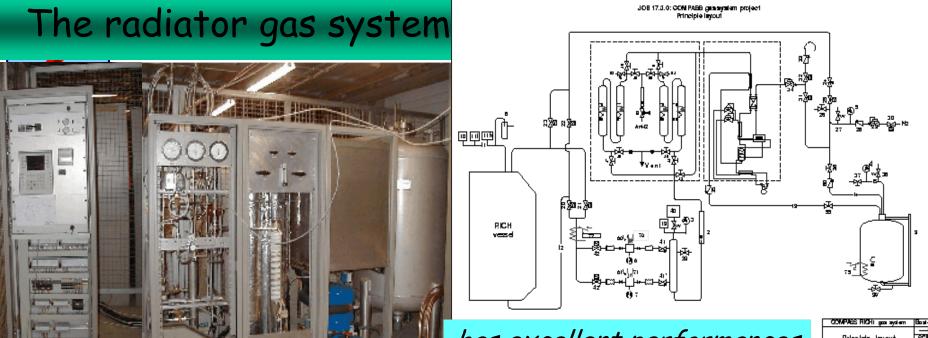
CLAM system in operation since

accuracy: 30 μrad

photogrammetric
calibration of
cameras >
measurement of
absolute mirror tilt

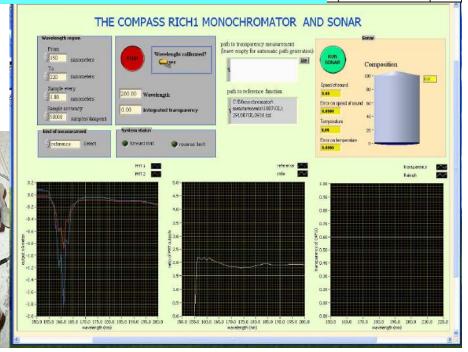






has excellent performances

COMPASS RICHI gas system	ВозныМ
Principle layout	88
	21/3/00
CERMEST/SM/SF	17.20



The 8 MWPC's with CsI photocathodes

built in 1999 - 2000, after prototypes tests (RD26 development)







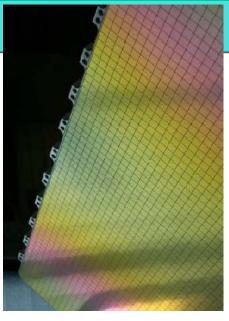


8-10 aprile 2011

Silvia DALLA TORRE (INFN Trieste)

The CsI photocathodes









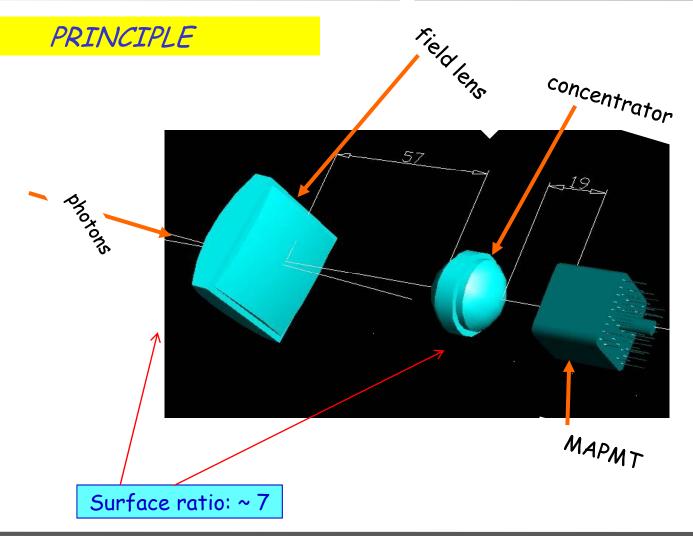




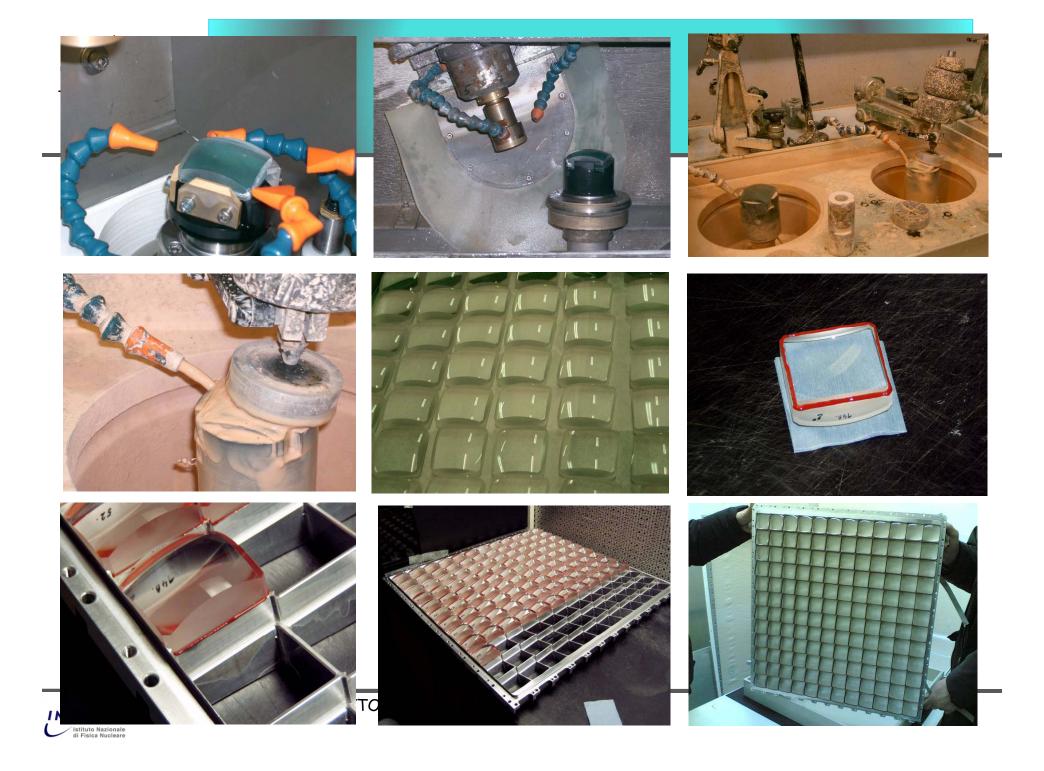


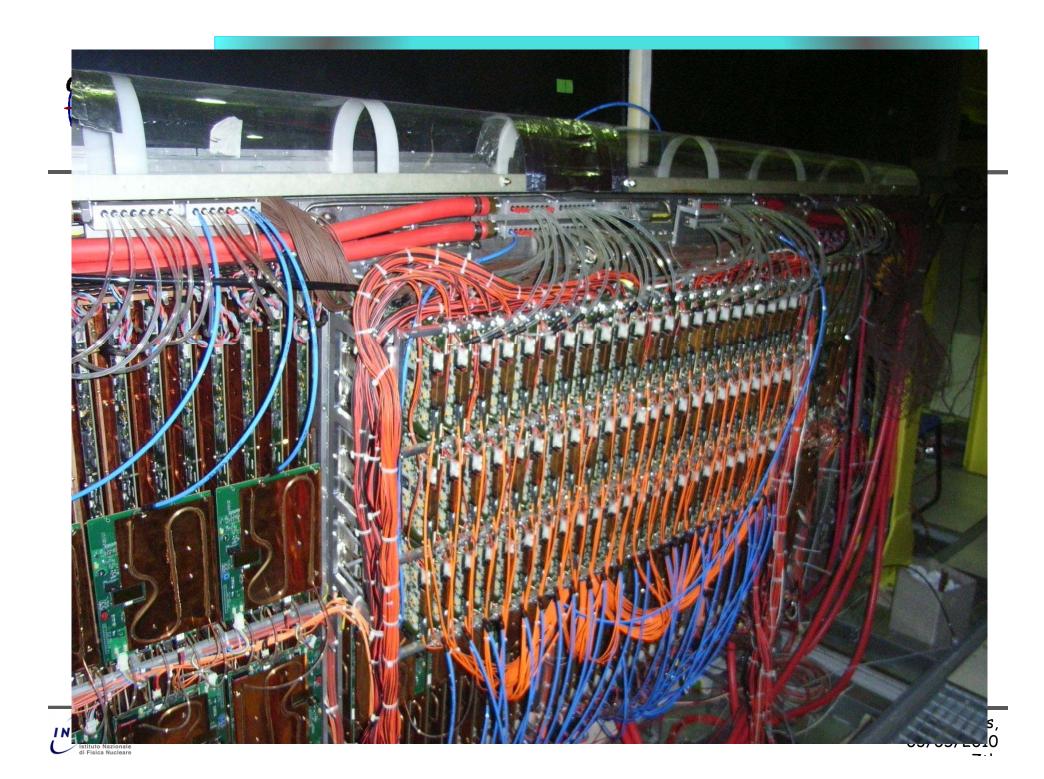


UPGRADE WITH MAPMT



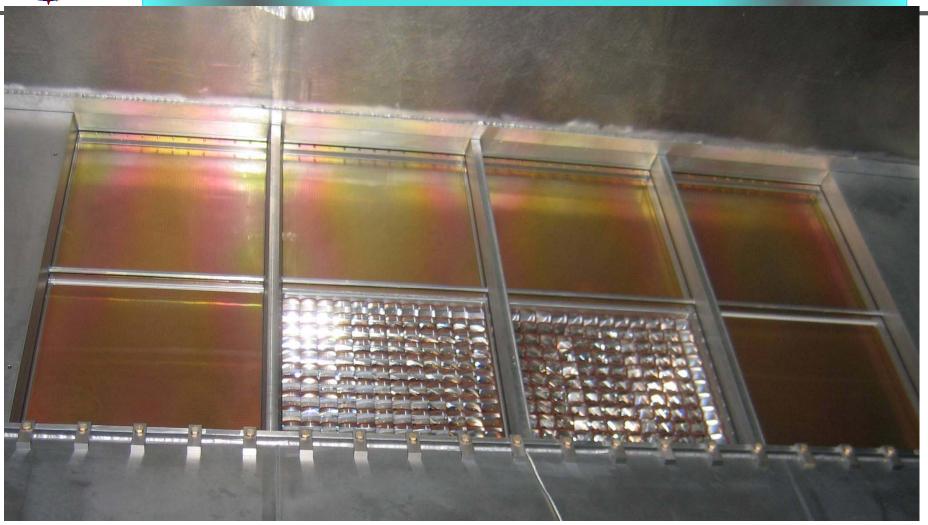








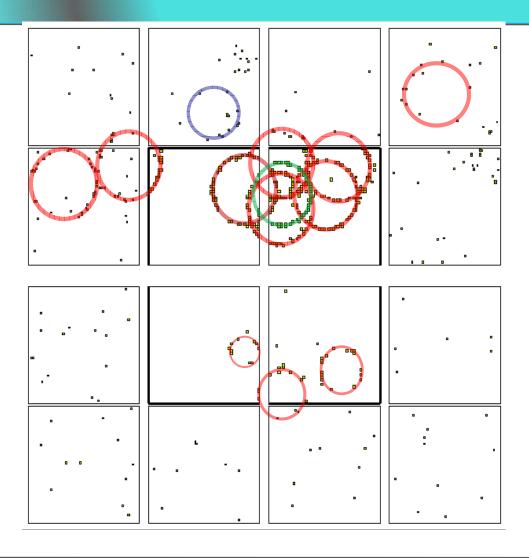
The Upper Detector from inside







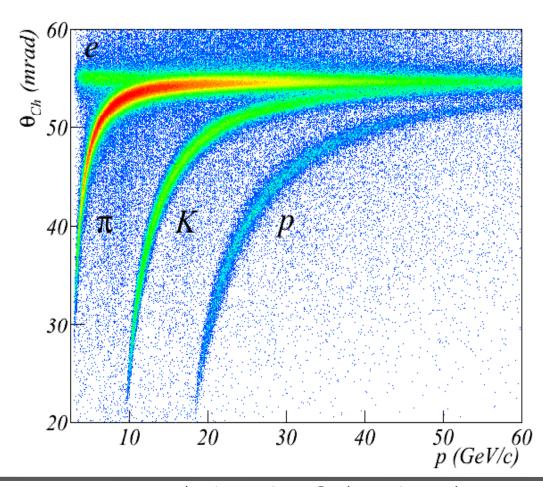
A typical event







RESULTS

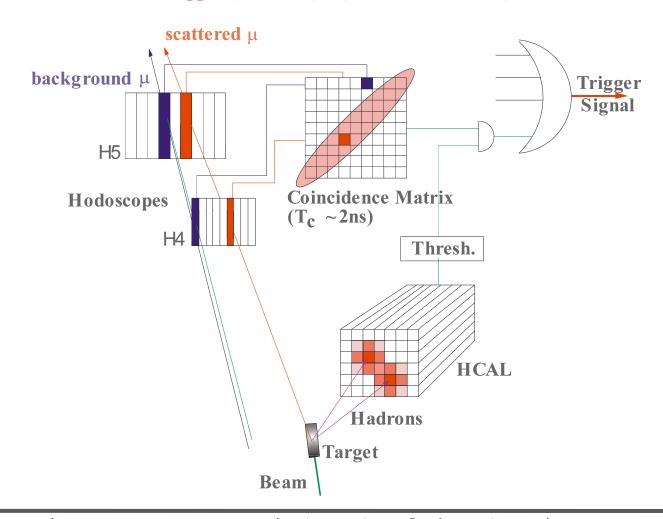






Trigger concept

Trigger: (H4 * H5) * (HCAL1 v HCAL2)







COMPASS Computing Farm

CASTOR Data Server Fast-Gigabit Et **200 CPUs** On-line events to Objectivity DB Server 35 MB/s input rate Disk/tape 300 TB/year (Fast-Gigabit Ethernet) Server Long-distance Online Gigabit Ethernet Computers rver Fastigabit Ethernet **Use of CASTOR (since 2000)** Data Server (Fast-Gigabit Ethernet) **Use of Objectivity/DB** Farm parallel access to events



RAW-DST connection without data duplication

DST production



2002 - 2011

- 160 GeV μ beam & ⁶LiD Long/Transv (~ 80/20) **2002**
- **2003** idem
- **2004** idem
- **2004** hadron beam
- NO SPS beam (Several upgrades) **2005**
- **2006** 160 GeV μ beam & ⁶LiD Long
- **2007** 160 GeV µ beam & NH₃ Long/Transv
- **2008** hadron beam
- 2009 hadron beam
- 2010 160 GeV μ beam & NH₃ Transv
- 2011 160 GeV μ beam & NH₃ Long

8-10 aprile 2011



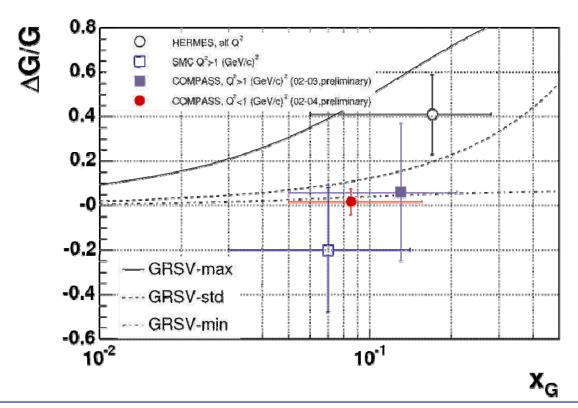


RISULTATI, SOLO UN PAIO DI ESEMPI





△ G/G from high-p_T pairs



LO SPIN DEI NUCLEONI NON E' DOVUTO NEPPURE AI GLUONI ... UNA DELLE MOTIVAZIONI PER COMPASS II



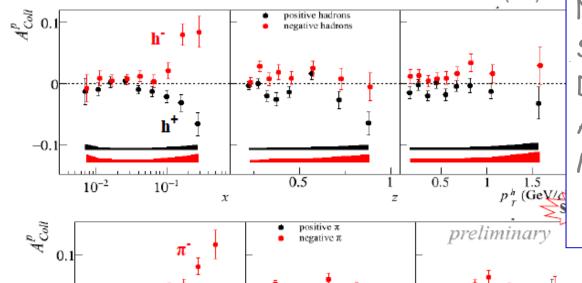


Systematic exploration of the N transverse spin structure

PLB 692 (2010) 240

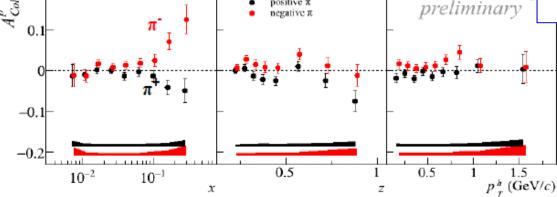
Collins asymmetry - proton

final COMPASS results from 2007 data



LA COMPRENSIONE DELLA
NATURA DI SPIN DEI
NUCLEONI PUO' VENIRE
SOLO DA UNO STUDIO
DETTAGLIATO...
ANCORA UNA
MOTIVAZIONE PER

COMPASS II







COMPASS II

Physics programme:

- Hard exclusive photon and meson production
- Measurements of unpolarised PDFs and TMD effects in SIDIS
- Pion-induced Drell-Yan muon pair production
- · Transverse-momentum-dependent effects in SIDIS
- · Experimental studies of chiral perturbation theory

5 year of data taking starting in 2012 !!!

COMPASS-II Proposal approved by CERN Research Board on 1st December 2010

