

JLab12 activities in HallA & HallC

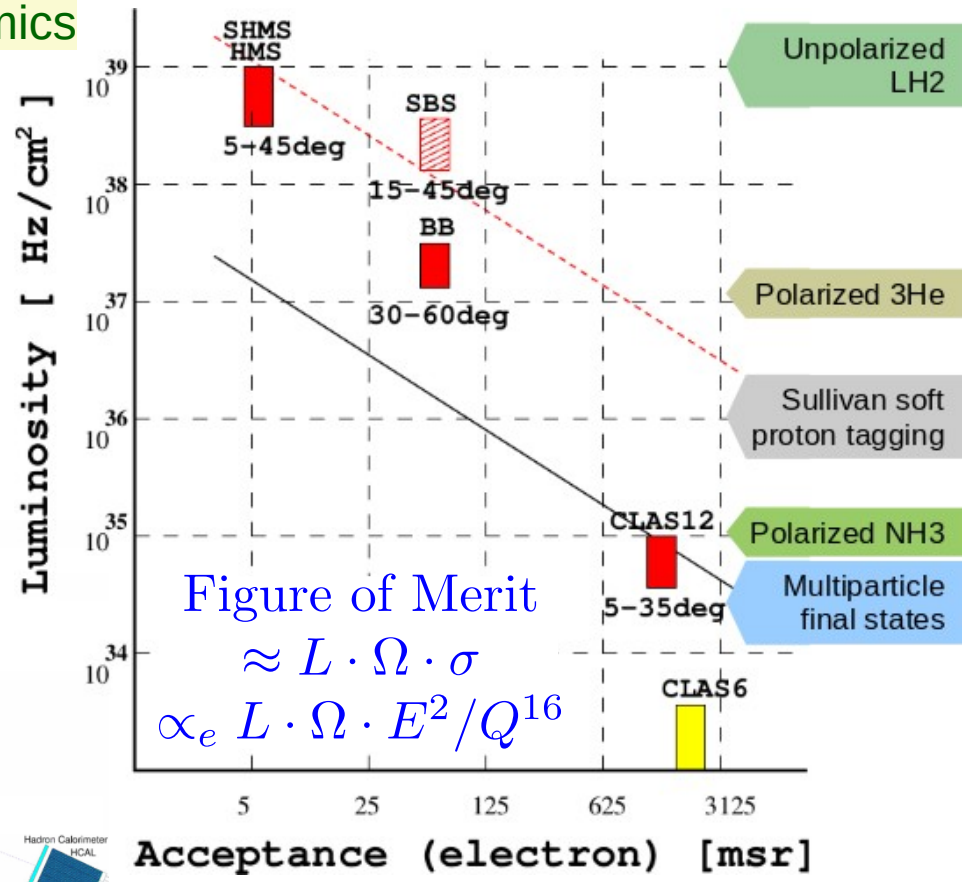
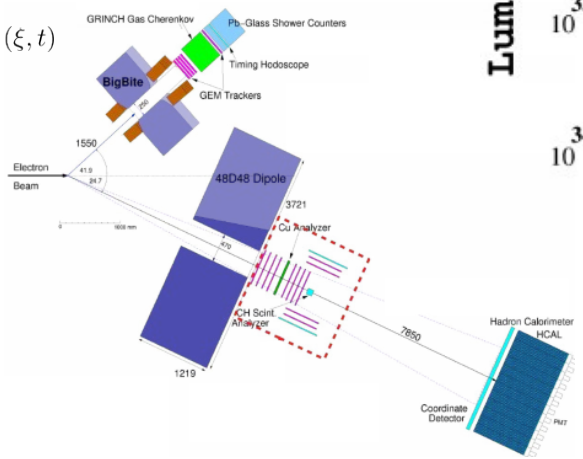
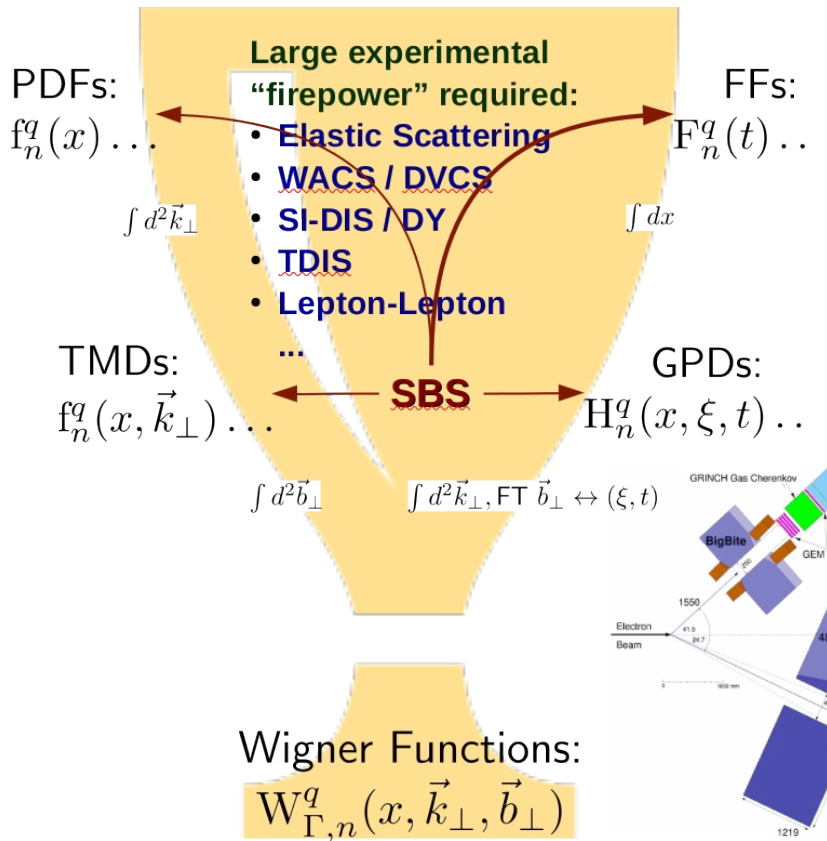
SBS exp. program (BA, CT, GE, RM1)

Hypernuclei (BA, RM1) → G. Urciuoli

Axial Form Factor (BA, LNF, RM1 ...) → R. Perrino

SBS(/BB) Program (~2008 →)

Extended investigation of nucleon structure/dynamics



SBS/BB Opportunities

Advantages of one and two-arm experiments using SBS and BB

Magnetic analysis with “vertical bend”
⇒ “protected” detector

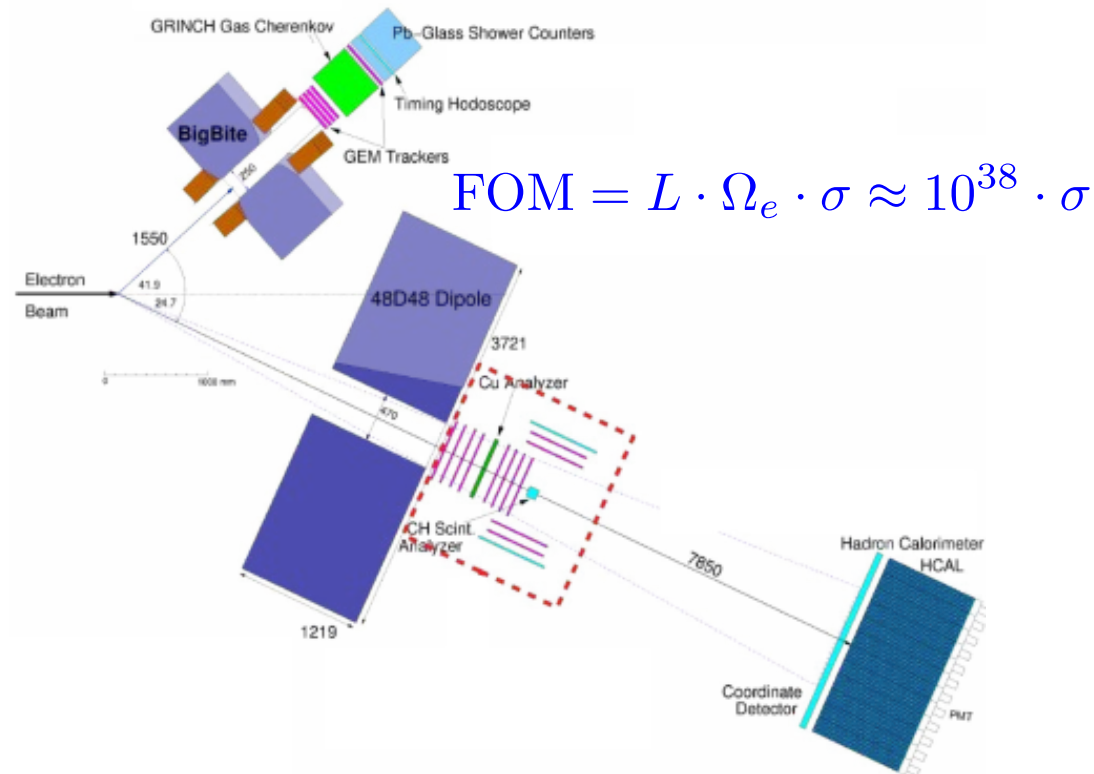
Significant solid angle
⇒ ~ 20% of 2π

Independent arms
⇒ full range of angles

Small angle capability
⇒ access low x and high x , t

Space for segmented PID, polarimeter
⇒ RICH counter, HCAL

from Bogdan SBS presentation Sep/25



Largely reconfigurable spectrometers → **experiment specific optimization**

SBS Experimental Program Status

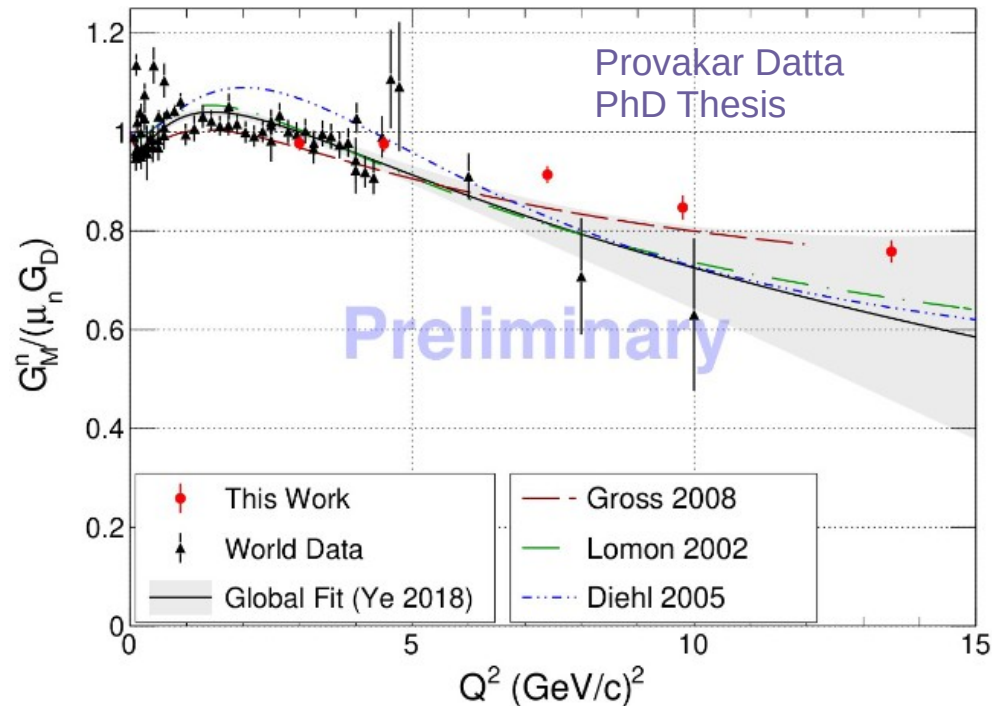
FF	GMN (E12-09-019)	Neutron magnetic form factor GMn up to 13.5 GeV ²	Measure D(e,e'n) and D(e,e'p) cross sections ratio and from it the related elastic cross sections ratio	done, 2021-2022 analysis under finalization
	nTPE (E12-20-010)	Rosenbluth slope in e+n scattering at Q ² =4.5 GeV ² , with high accuracy	Same apparatus of GMN; measure s(e,n)/s(e,p) on deuterium; study two photon exchange	done, 2021-2022 analysis ongoing
	GEN-II (E12-09-016)	GEN/GMn up to 10 GeV ²	Beam-target double spin asymmetry on polarized ³ He	done, 2022-2023
	GEN-RP (E12-17-004)	GEN/GMn at 4.5 GeV ²	LD ₂ target, Pol. transfer, Charge-exchange recoil polarimetry (first time!)	done, May/24
	GEP-V (E12-07-109) + (E12-24-010)	GEp/GMp to 12 GeV ² + GE/GM to 1% stat. precision at Q ² =3.8 GeV ²	Polarization Transfer (the most demanding SBS experiment)	done, Mar/25- Aug/25
	SQFF (E12-23-004)	Strange Quark Form-Factor of p	Parity Violating Polarized Electron Scattering on H ²	Hall C > 2027
GPD	WAPP (E12-20-008, E12-21-005)	A _{LL} / K _{LL} from $\gamma^- n \rightarrow \pi^- p^-$	Pioneering measurements; same apparatus of GEN*, on ³ He and LD ₂ target; Cu radiator for γ production	A _{LL} cancelled; K _{LL} done, May/24
	(p)WACS (E12-17-008)	A _{LL,LS} / K _{LL,LS} in $\gamma^- p^- \rightarrow \gamma p$	Compact Photon Source + Neutral Particle Spect. + BB/SBS + GEM Tracker + HCal	Hall C > 2027
TMD	SIDIS (E12-09-018)	Extract Sivers, Collins and Pretzelosity neutron asymmetries on π and K with high statistics in high x valence region	Transversely Polarized ³ He Target, 3D binning on the relevant variables: x, P _{perp} and z, for both hadrons; 2 Q ² values	Hall C > 2027
PDF	TDIS (C12-15-006A/B)	Measure π /K F ₂ in valence regime	Exploit Sullivan process $e+N \rightarrow e'(\gamma\pi)N' \rightarrow e'XN'$ tagging the spectator N'	Hall C > 2027

First SBS experiments ongoing analyses

(the experiments used essentially brand new apparatus ... analyses take longer)

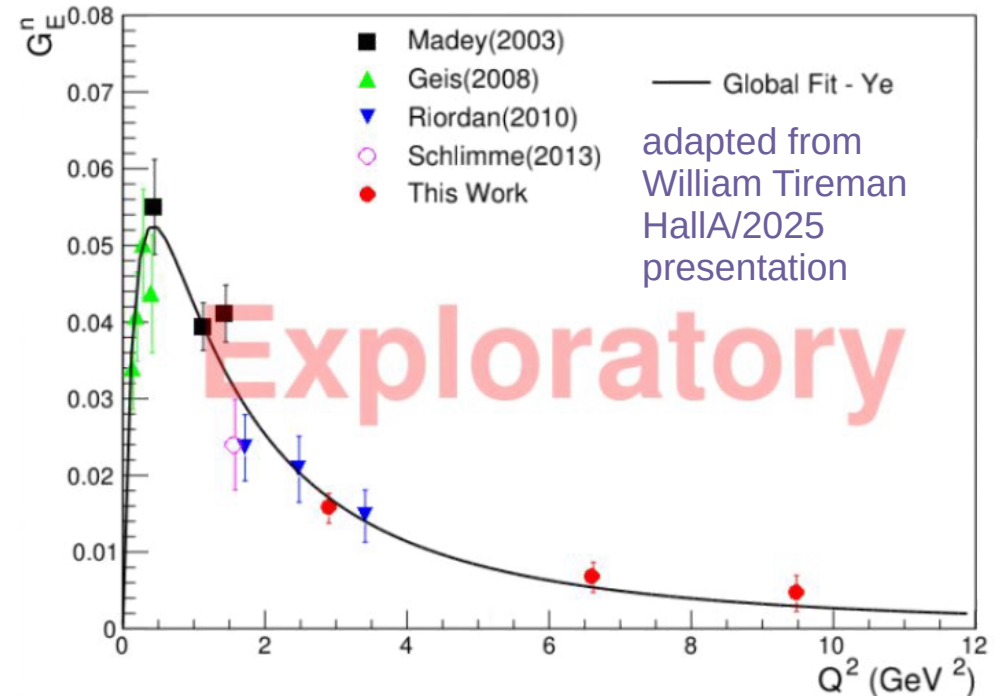
GMN (2021-2022)

Neutron magnetic form factor GMn
up to 13.5 GeV²
First SBS experiment to run



GEN-II (2022-2023)

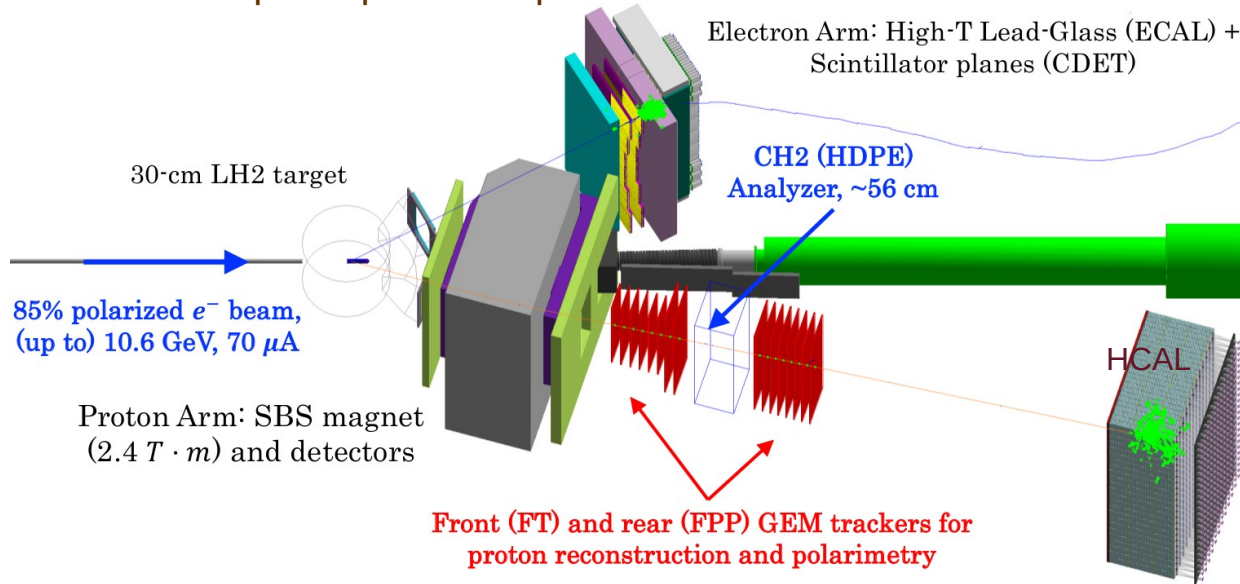
Double polarized (electron beam and
neutron target) semi-exclusive
³He(e,e'n)pp quasi-elastic scattering



GEp – Highest Lumi

Triggered the SBS project
Italian Co-spokespersonship

Beam polarization transfer + nucleon polarimetry

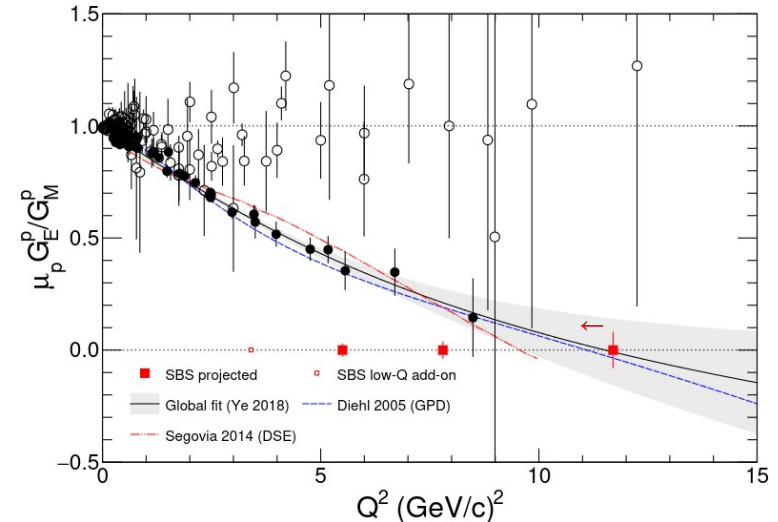


Run start postponed to ~mid of Apr/25 (beam availability)

Run end anticipated by ~2 weeks (summer period, budget, Möller)

→ less run time → highest Q^2 has been reduced from 12.0 to 11.1 (GeV/c)² to preserve statistics; two points acquired out of 3+1

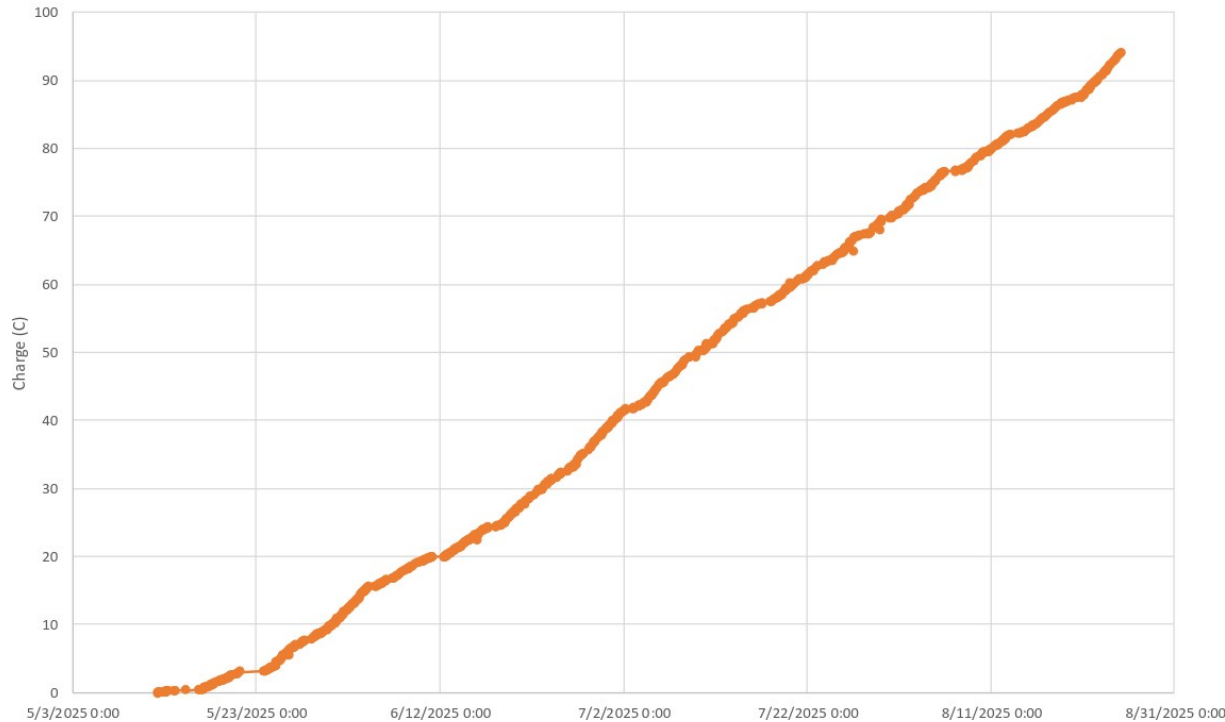
Most demanding SBS experiment:
very high Q^2 → very low cross section → high lumi required → requires detectors optimal cross-calibration (e.g. Calorimeters) and stability (e.g. GEMs)



SBS took data from ~April/25 till ~end of August/25

Highest Q^2 point (kin3)

Kin3 Accumulated Charge



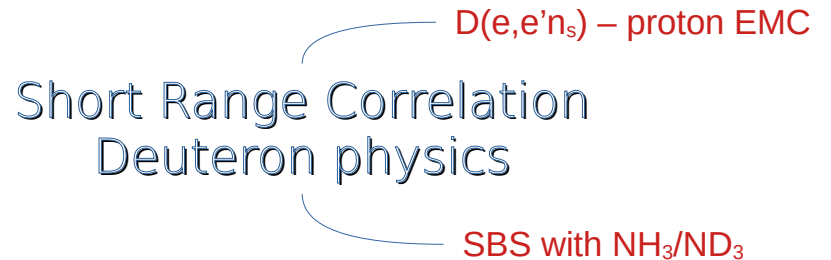
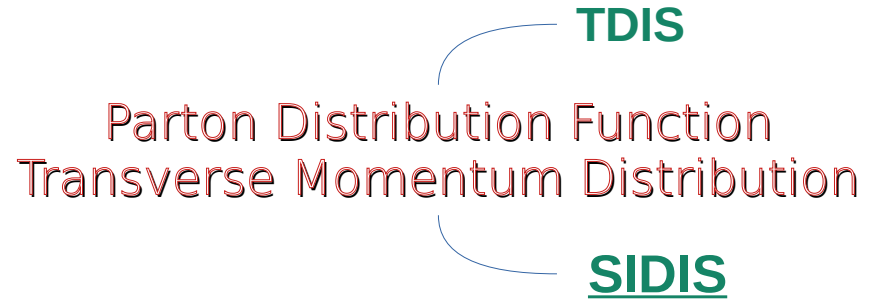
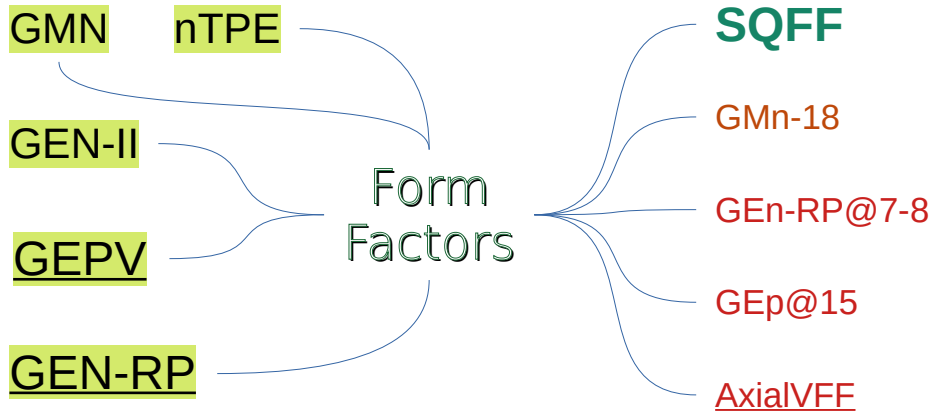
Kin3 the most demanding: collected charge goal of 100C almost achieved (~95%)

About 1.5 months of data taking lost due to beam availability and earlier ending → 2 kinematics not acquired (lowest and $\sim 8\text{GeV}^2/c^2$ Q^2 points)

Couple of analysis challenges:

- data rate 2.5 Gb/s
- tracking in high occupancy and high background environment
- Biweekly analysis meetings 20:30 Italian time!

SBS past and future



Legenda:

Green highlighted: completed data taking, under analysis

Bold green: approved, to be scheduled for future run

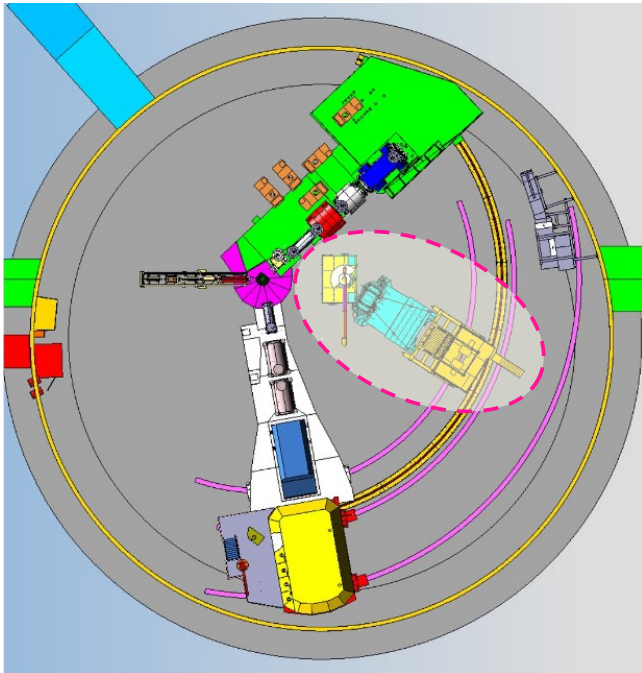
Red: some potential experiments under evaluation, definition, improvement toward proposals submission

Underlined: INFN spokespersonship and/or direct involvement

SBS (+ BB) in HallC >2027 ?

SBS + BB provide flexible instrument for many high-z, high- Q^2 exclusive reactions

(after *hypernuclear program ?*)



Approved:

- SIDIS: n Single Spin Asymmetry → TMD
- polarized WACS → GPD
- Strange FF at 2.5 (GeV/c)²

Conditionally Approved (under resubmission):

- Tagged DIS → PDF

LOI presented / Proposal submitted or under sub.:

- Axial Vector Form Factor → Roberto
- GMn at 18 GeV/c
- proton/neutron EMC effect
- ...

Main reconfiguration required in HallC:

- Hall C Target downstream 3m
- SBS magnet moved up (according to HallC beam line)

adapted from Bogdan W. HallA/2025 presentation

SBS/BB apparatus "evolution"

Work ongoing or under evaluation:

- Neutron spectrometer: 50 ps time resolution
→ Roberto
- Upgrade GEM tracker (reduce noise and manage occupancy): segmentation, RF shielding, electronics (MPD upgrade, triggered for Moller → Fatima)
- Charge Exchange polarimeter for future GEp and GEN
- Veto plane for HCAL

SiD (μ Strip Silicon Detector)

4 planes $\sim 10 \times 10 \text{ cm}^2$: 2x and 2y strips, 50 μm pitch

Cosmic test ongoing on latest (INFN/BA) bonded sensors



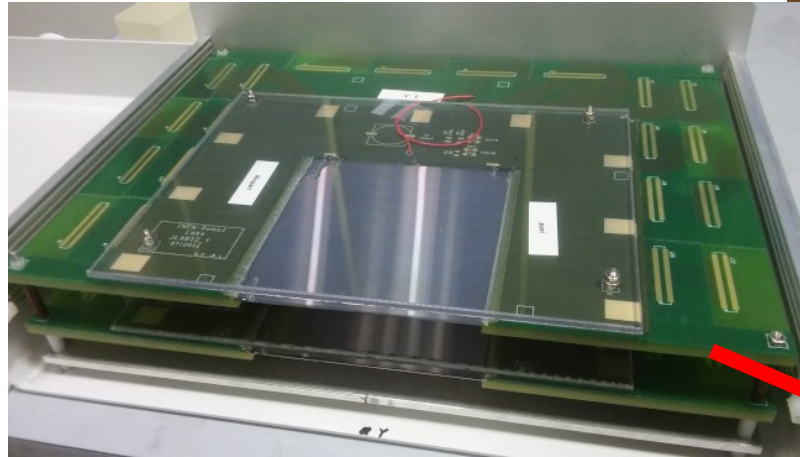
Originally proposed for SBS to mitigate high occupancy in GEMs.

Can be used as active sieve slits in spectrometer calibration in HallC for hypernuclei experiments improving current setup restrictions introduced by the magnetic septa (Particle Charge Separators);

potential application in CLAS experiment and SBS equipment

Finalization: noise filtering, mechanical enclosure and adjustable mechanical support (with adequate tolerance)

Guido and Franco working on improvement of the data analysis (shape analysis of the signal events)



SiD analysis

Signal detection:

- Preselect strip candidates by $SUM(\text{signal}) > N\sigma$
- !Evaluate proper error of each sample point!
- Fit by Landau function and compute χ^2
- Strip has signal if $\chi^2 < \alpha$

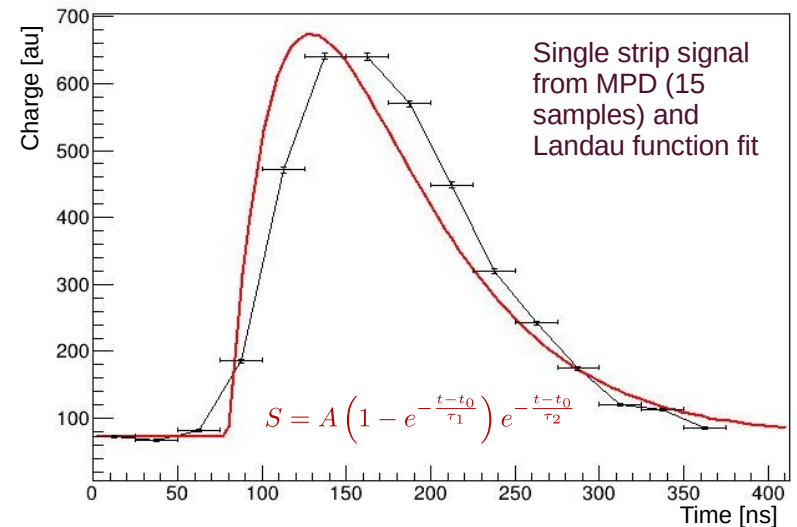
N and α free pars to determine

This approach effectively remove spurious signal (noise) as demonstrated by data not synchronized with trigger

→ **Current efficiency ~70%**

Work ongoing to improve detection of crosstalk between strips;
the analysis approach can possibly be used to improve high occupancy
GEM data processing

Derived from distribution of $SUM()$, angle of the track, expected number of electrons/track, sample timing



backup

Metodo per identificare una MIP nel SiD

Guido Urciuoli e Franco Meddi

Non è sufficiente l'usuale metodo di identificazione della MIP tramite valore dell'ADC fornito dal sistema APV + MPD alla latenza giusta. Il metodo di identificazione realizzato si svolge nei seguenti passi:

- 1) Si calcola per ogni strip e per ogni evento, la somma $SUM = \sum_{i=1}^{15} ADC_i$ dei 15 valori ADC_i ottenuti in 15 latenze centrate attorno alla latenza giusta in modo da massimizzare il rapporto Segnale/Fondo.
- 2) Si selezionano i segnali nei quali

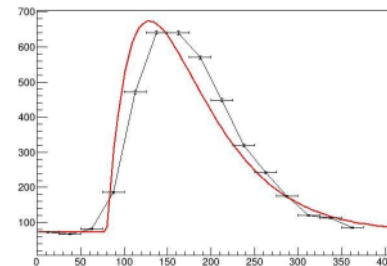
$$SUM > N \cdot \sigma \quad (1)$$

con N numero scelto ad hoc e σ la deviazione standard del piedistallo di quella strip.

- 3) I segnali soddisfacenti la condizione al punto '2' sopra, vengono ulteriormente selezionati fittando l'insieme dei 15 valori ADC_i con la forma d'onda del segnale aspettata:

$$S = A \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{\tau_1}}\right) \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau_2}} \quad (2)$$

con A , t_0 , τ_1 , τ_2 da determinare in base ai risultati del fit.



- 4) Una strip viene definita come identificante una MIP se il suo segnale soddisfa la condizioni (1) e se il valore del χ^2 ottenuto fittando il segnale ottenuto con i 15 valori ADC_i con l'equazione (2) soddisfa la condizione

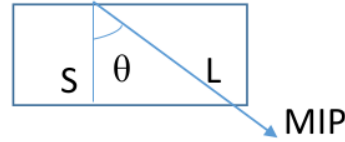
$$\chi^2 < \alpha \quad (3)$$

(Con α il livello di confidenza scelto ad hoc.

- 5) **Importantissima nella buona riuscita del fit è la stima dell'errore da attribuire ai singoli valori ADC_i**

Il lavoro è in progress. Attualmente scegliendo $N = 3.1$ nella (1) e $\alpha = 70$ nella (3) si è ottenuto un'efficienza dell'ordine del 70%. N. B. i valori possono essere elevati per la presenza di distorsioni nella forma del segnale.

Sia Ne_{perp} il numero di elettroni generati da una MIP quando attraversa perpendicolarmente il rivelatore microstrip di silicio. Ne_{perp} è proporzionale all'energia rilasciata nel rivelatore dalla MIP: $Ne_{perp} = k \cdot E_{perp}$, con E_{perp} l'energia rilasciata dalla MIP nel rivelatore quando lo attraversa perpendicolarmente e k una costante di proporzionalità. E_{perp} è proporzionale allo spessore S del rivelatore. Si può supporre che, per il nostro rivelatore spesso $300 \mu m$ $Ne_{perp} = 24.000$. Se la MIP attraversa il rivelatore con un angolo di incidenza θ , l'energia rilasciata dalla MIP nel rivelatore $E(\theta)$ è uguale a $E(\theta) = E_{perp}/\cos(\theta)$, essendo la lunghezza L del percorso della MIP all'interno del rivelatore uguale a $L = S/\cos(\theta)$ (vedi figura sotto).



Guido Urciuoli e Franco Meddi

θ dipende dalla posizione geografica (latitudine) del rivelatore e può essere considerata costante. Definiamo $Ne(\theta) = k \cdot E(\theta)$ il numero di elettroni generato dalla MIP nel rivelatore quando incide su di esso con un angolo θ . $E(\theta)$ varierà secondo una distribuzione di Landau. Sia $E_{peak}(\theta)$ l'energia depositata corrispondente al picco della Landau. Definiamo $Ne_{peak} = k \cdot E_{peak}(\theta)$. Il valore ADC_{sum} , somma di tutti i valori letti dagli MPD nelle 15 latenze da essi acquisiti quando una MIP attraversa il silicio, è dato, in prima approssimazione, dopo aver sottratto il piedistallo, dalla formula $ADC_{sum} = C \cdot Ne(\theta) = C \cdot k \cdot E(\theta)$, con C una costante di proporzionalità. Poiché $E(\theta)$ varia secondo una distribuzione di Landau anche ADC_{sum} varierà secondo questa stessa distribuzione. Dall'istogramma di ADC_{sum} , acquisito per esempio con 1000 eventi, è facilmente identificabile il valore $ADC_{peak} = C \cdot Ne_{peak}$. Ne_{peak} non è costante, in quanto non tutti gli elettroni generati nel silicio dalla MIP «giungono» agli MPD. Supponiamo che la probabilità di un elettrone generato nella MIP di «giungere» agli MPD segua una distribuzione poissoniana. La deviazione standard $\sigma_{Ne_{peak}}$ della distribuzione di Ne_{peak} sarà $\sigma_{Ne_{peak}} = \sqrt{Ne_{peak}}$. ADC_{peak} seguirà anch'essa una distribuzione poissoniana, la cui varianza sarà data da $\sigma_{ADC_{peak}} = C \cdot \sqrt{Ne_{peak}}$. Abbiamo:

$$\frac{\sigma_{ADC_{peak}}}{ADC_{peak}} = \frac{C \cdot \sqrt{Ne_{peak}}}{C \cdot Ne_{peak}} = \frac{1}{\sqrt{Ne_{peak}}} = \frac{\sqrt{\cos(\theta)}}{\sqrt{24.000}} \quad (1)$$

(nel derivare la (1) abbiamo fatto uso della relazione $Ne_{peak} = k \cdot E_{peak}(\theta) = k \cdot E_{perp}/\cos(\theta) = Ne_{perp}/\cos(\theta) = 24.000/\cos(\theta)$).

Il valore ADC_{lat} , acquisto da un MPD durante un intervallo di tempo corrispondente a una latenza sarà dato dalla formula $ADC_{lat} = C \cdot Ne_{lat}$, con Ne_{lat} il numero di elettroni generati nell'intervallo di tempo corrispondente a una latenza e che «giungono» allo MPD. Ne_{lat} seguirà anch'essa una distribuzione poissoniana. Con la stessa procedura vista per derivare la (1) abbiamo:

$$\frac{\sigma_{ADC_{lat}}}{ADC_{peak}} = \frac{C \cdot \sqrt{Ne_{lat}}}{C \cdot \sqrt{Ne_{peak}}} = \frac{\sqrt{Ne_{lat}}}{\sqrt{Ne_{peak}}} = \frac{\sqrt{C \cdot ADC_{lat}}}{\sqrt{C \cdot ADC_{peak}}} \Rightarrow \sigma_{ADC_{lat}} = \sigma_{ADC_{peak}} \cdot \sqrt{\frac{ADC_{lat}}{ADC_{peak}}} \quad (2)$$

Determinando ADC_{peak} dal picco della Landau derivato nell'istogramma della somma delle quindici latenze acquisite in un evento e dalla conoscenza di θ , derivata dalla conoscenza della latitudine, la (1) e la (2) permettono di calcolare la deviazione standard relativa a qualsiasi valore ADC letto.

Nota: la (1) è derivata considerando gli ADC letti dopo aver sottratto i piedistalli. Essa è valida, in prima approssimazione, anche quando i piedistalli non sono letti, se i piedistalli sono piccoli rispetto al segnale:

$(ADC_{letto} = ADC_{peak} + ADC_{piedistallo} = C \cdot (Ne_{peak} + Ne_{piedistallo}) \sim C \cdot Ne_{peak} = ADC_{peak})$.

La (2) tiene conto solo degli elettroni giunti agli MPD indipendentemente dalla loro origine (segnale, segnale + piedistallo o semplice piedistallo) e dovrebbe quindi essere applicata a qualsiasi valore di ADC letto