



Congresso Nazionale DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA



ROMA 21-25 Settembre 2015

Ultimi progressi nella costruzione del rivelatore FARCOS

E.V. Pagano^{1,2} for NEWCHIM Collaboration

¹Università di Catania

²INFN - Laboratori Nazionali del Sud



Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Outlines

- Introduzione al caso fisico
- Lo stato del progetto FARCOS
- Primi test e caratterizzazioni
 - Con fascio nell'esperimento INKIISSY
- Test dell'elettronica GET con fascio esotico nell'esperimento CLIR
- Prospettive future

Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

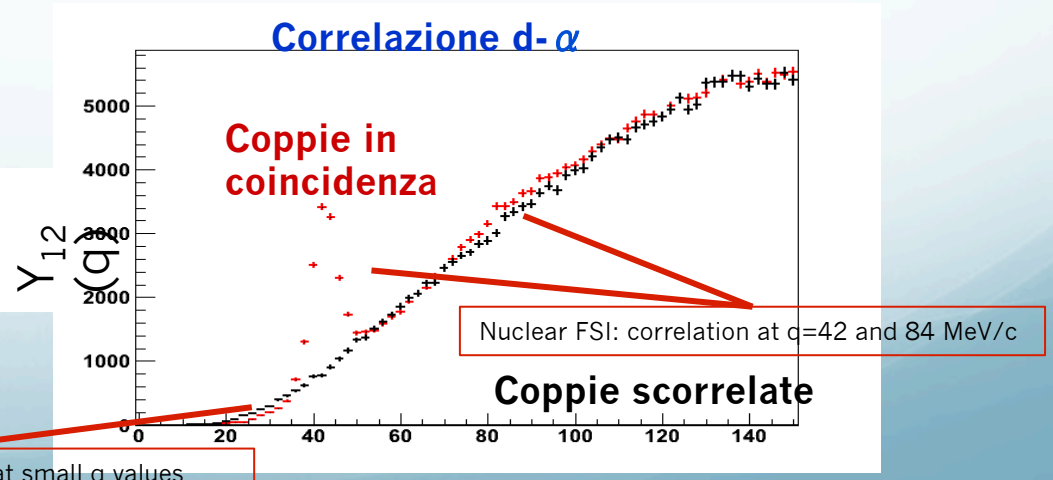
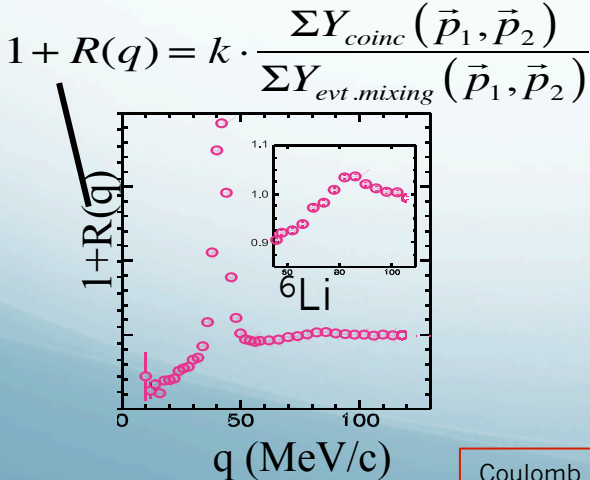
Physics Case

- Dinamica nucleare Correlazioni tra particelle leggere (p-p) –HBT (Intensity interferometry)
 - Caratterizzazione spazio temporale delle sorgenti di emissione
 - Distinzioni fra le differenti fasi della reazione (dal pre-equilibrio ai decadimenti secondari)
 - Studio dell'energia di simmetria e della EOS
 - Sezione d'urto "efficace" $n-n \sigma$
 - RIBs

Physics Case

- Dinamica nucleare Correlazioni tra particelle leggere (p-p) –HBT (Intensity interferometry)

- Caratterizzazione spazio temporale delle sorgenti di emissione
- Distinzioni fra le differenti fasi della reazione (dal pre-equilibrio ai decadimenti secondari)
- Studio dell'energia di simmetria e della EOS
- Sezione d'urto "efficace" n-n σ
- RIBs



Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

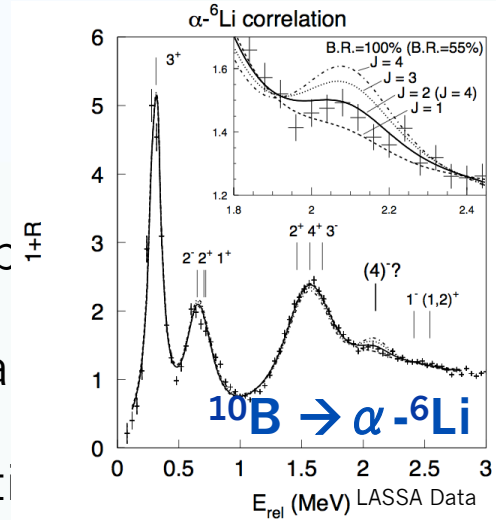
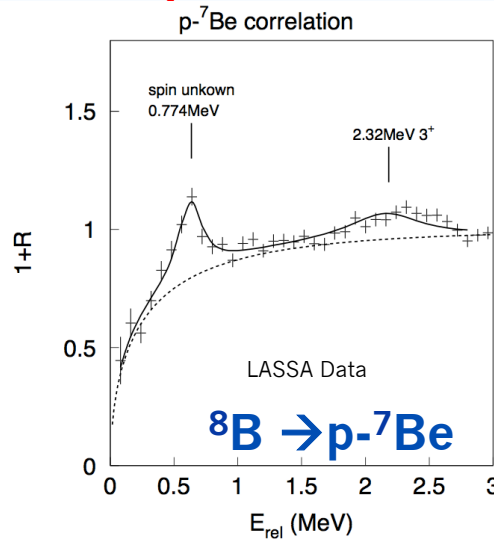
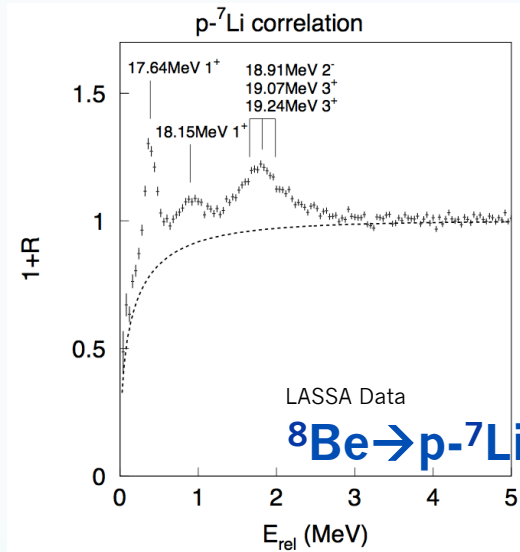
Physics Case

- Dinamica nucleare
- Spettroscopia nucleare
 - HIC come strumento per studiare nuclei esotici
 - Correlazioni a muti-particelle (boson condensate)
 - Fasci stabili e radioattivi

**Vedi L. Quattrocchi
Comunicazione**



Physics Case



ear
nu

to p

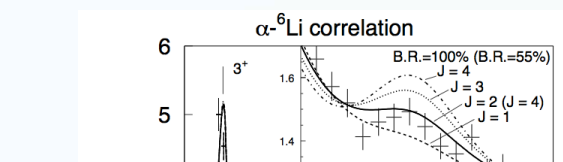
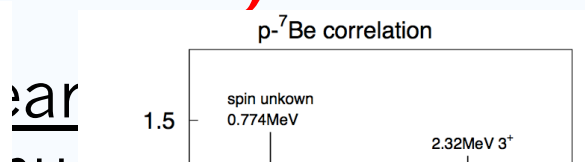
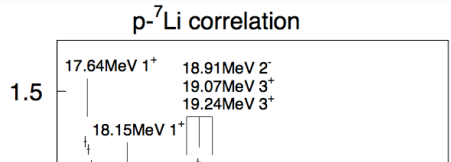
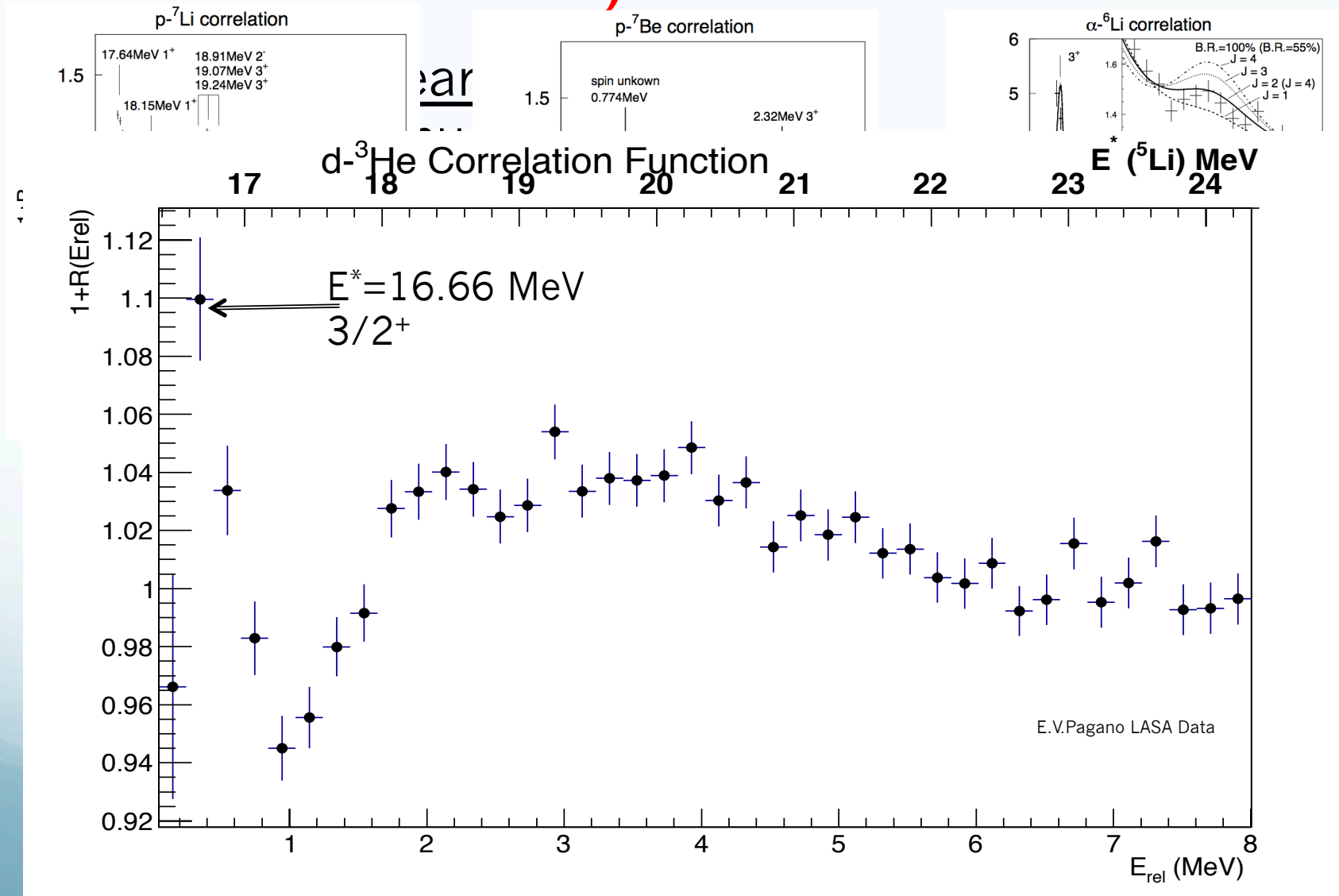
i-pa

oatt

tici

isate)

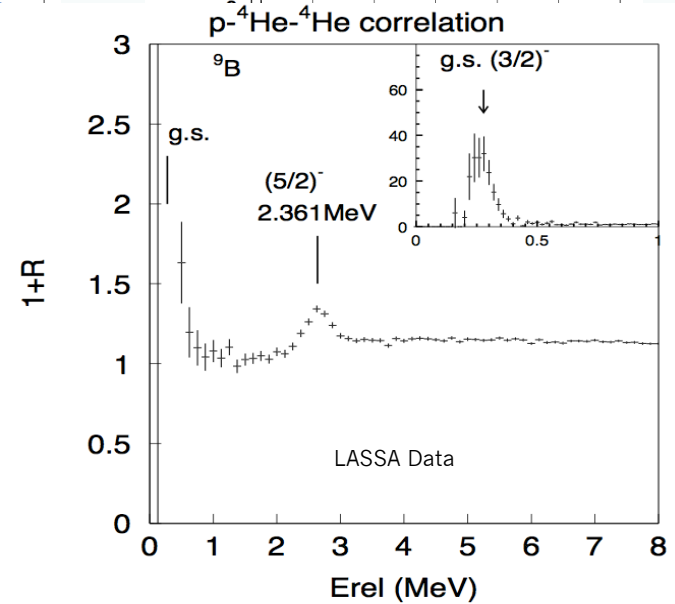
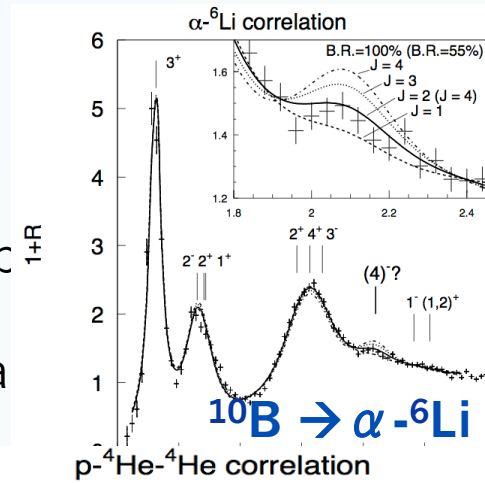
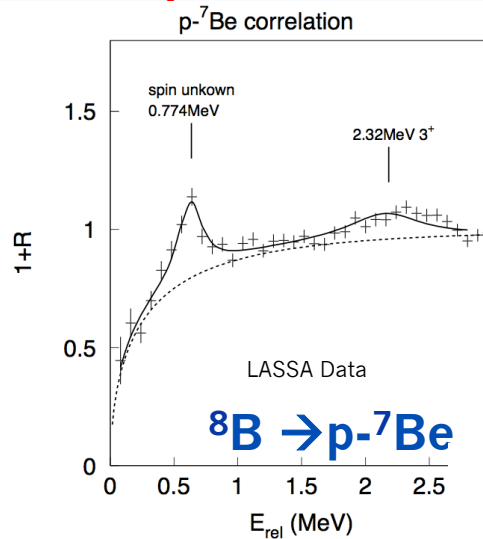
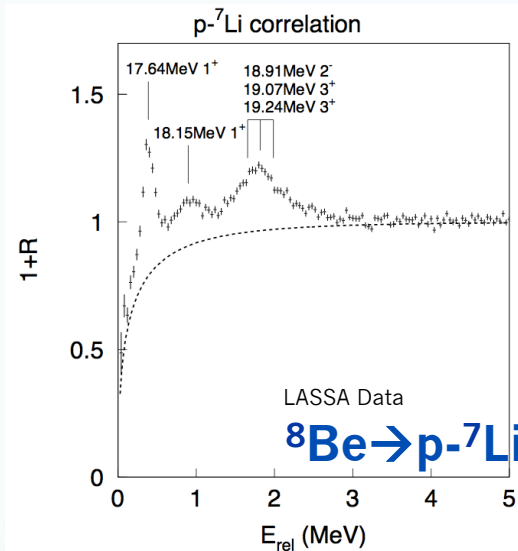
Physics Case



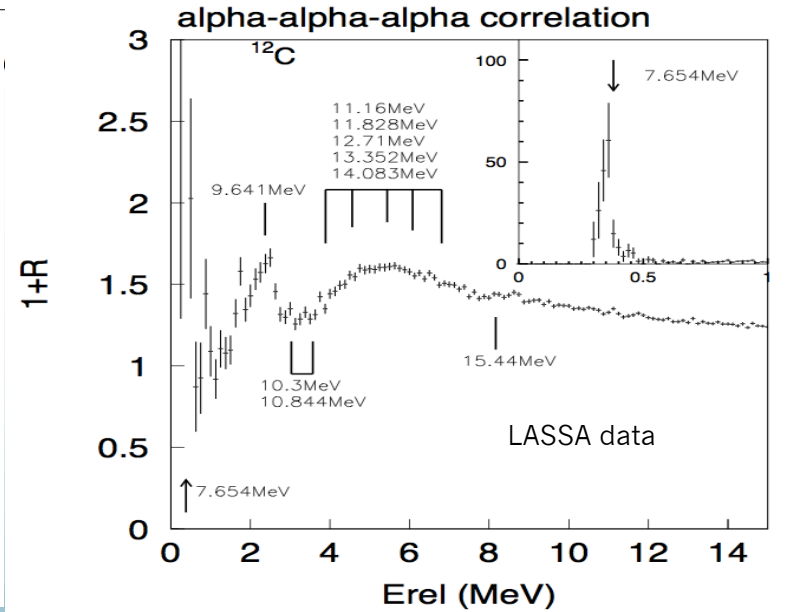
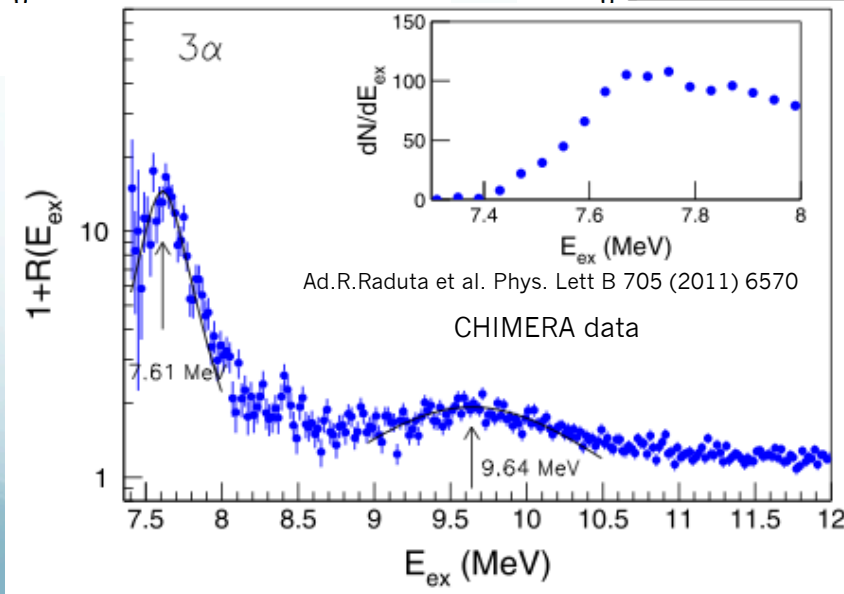
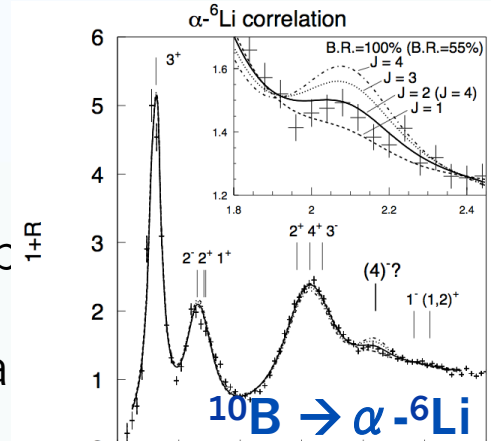
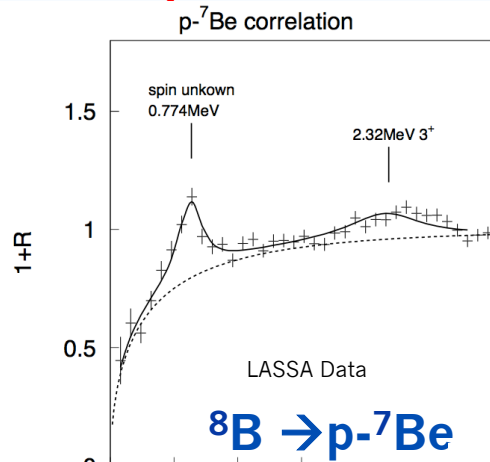
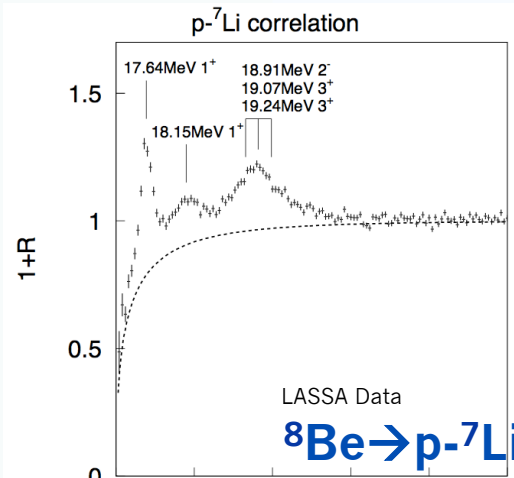
te)



Physics Case



Physics Case





FARCOS

(Femtoscope ARray for COrrrelations and Spectroscopy)

- Based on (62x64x64 mm³) clusters
- 1 square (0.3x64x64 mm³) DSSSD 32+32 strips
- 1 square (1.5x64x64 mm³) DSSSD 32+32 strips
- 4 60x32x32 mm³ CsI(Tl) crystals

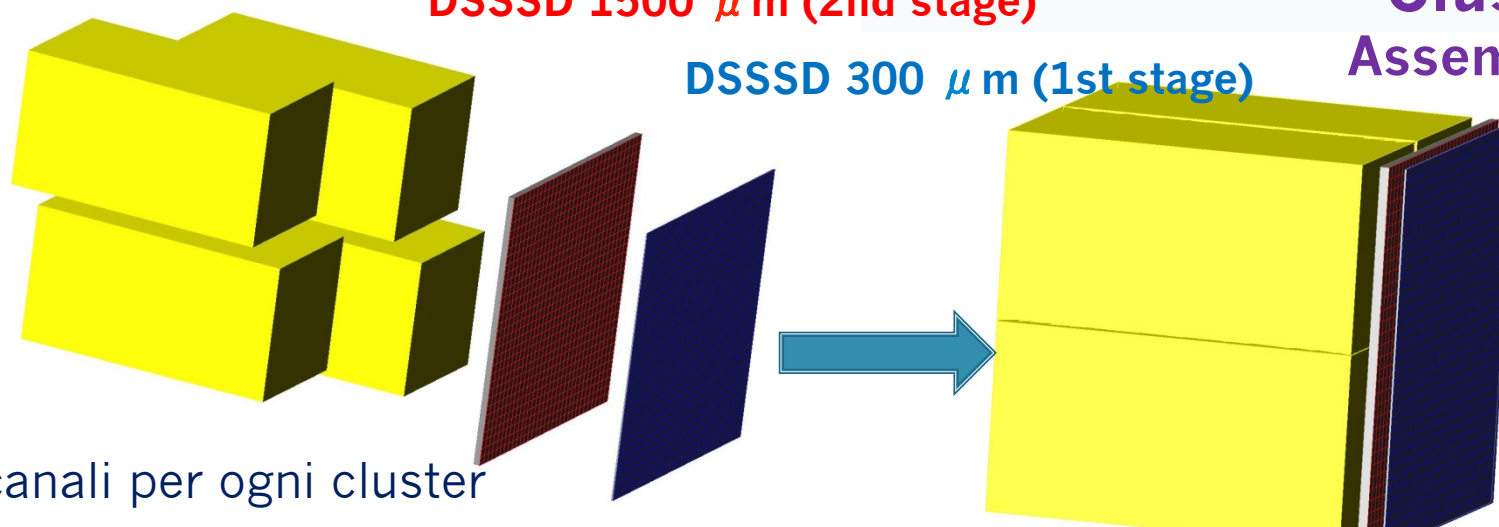
4 CsI(Tl) crystals 6 cm (3rd stage)

DSSSD 1500 μm (2nd stage)

DSSSD 300 μm (1st stage)

Cluster
Assemblato

132 canali per ogni cluster



Fully reconfigurable (more Si layers, neutron detection,...)

Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

FARCOS Features

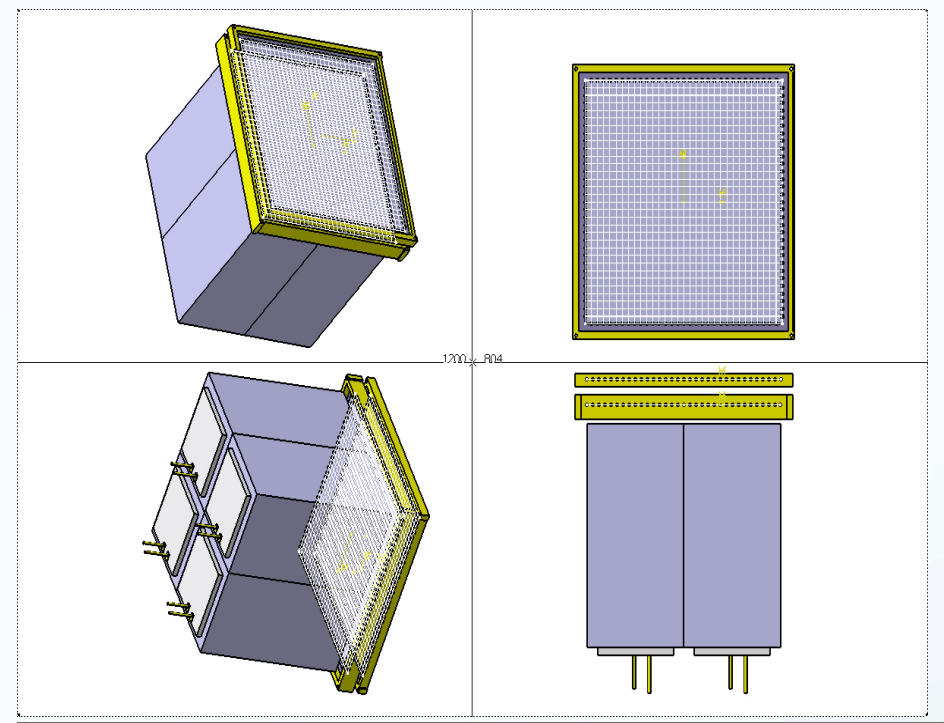
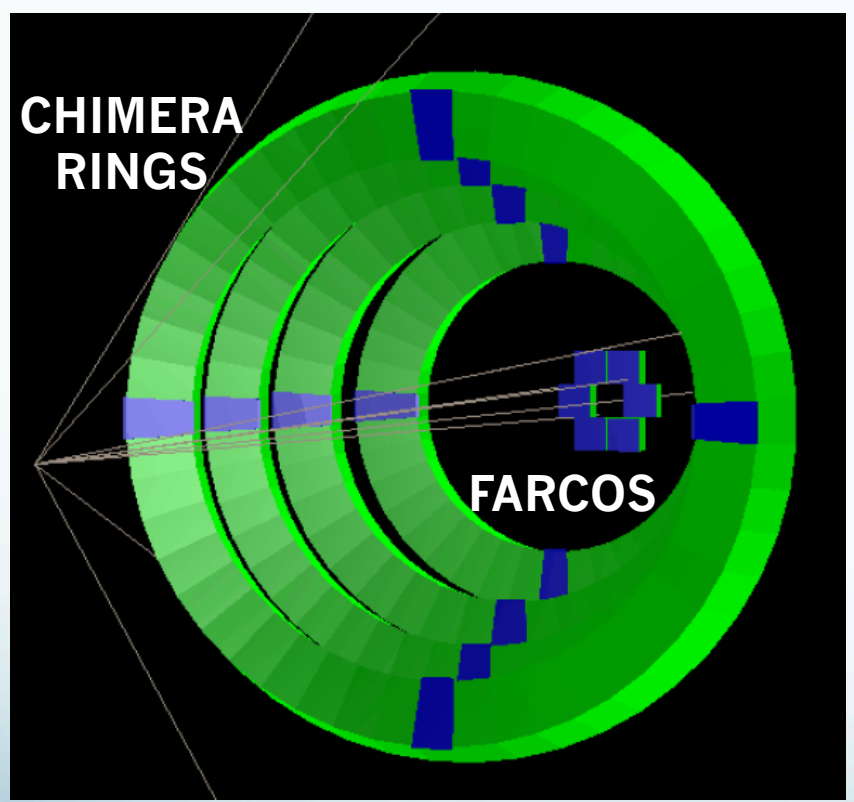
- **FARCOS (Fentoscope ARray for Correlations and Spectroscopy)**
- **Array modulare di telescopi**
- **Alta risoluzione energetica ed angolare ($\Delta \theta \approx 0.1^\circ$)**
- **Discriminazione $\Delta E/E$, pulse-shape e TOF (4pi CHIMERA)**
- **digitalizzazione**
- **DSSSD(Double-Sided Silicon Strip Detector) con 32 strip, sia verticali che orizzontali e 4 cristalli of CsI(Tl).**
- **Portabilità e modularità al fine di essere accoppiato con rivelatori 4π come ad esempio CHIMERA o spettrometri magnetici o altri tipi di rivelatori e correlatori**
- **Elettronica integrata e riconfigurabile**
- **Possibilità di miglioramenti espansioni e implementazioni (neutroni)**

**Vedi L. auditore
Comunicazione**

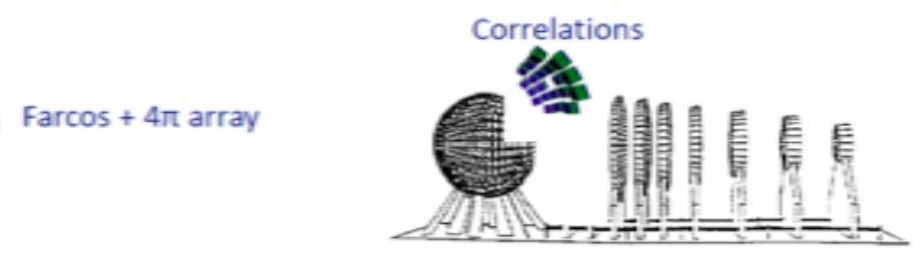
Roma, Italia
22 Settembre, 2015

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Esempi di accoppiamento di
FARCOS con CHIMERA



Operations with 4π detectors



Heavy-ion collisions
Direct reactions

Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Esperimento InKisSY @ LNS-INFN (Aprile 2013)

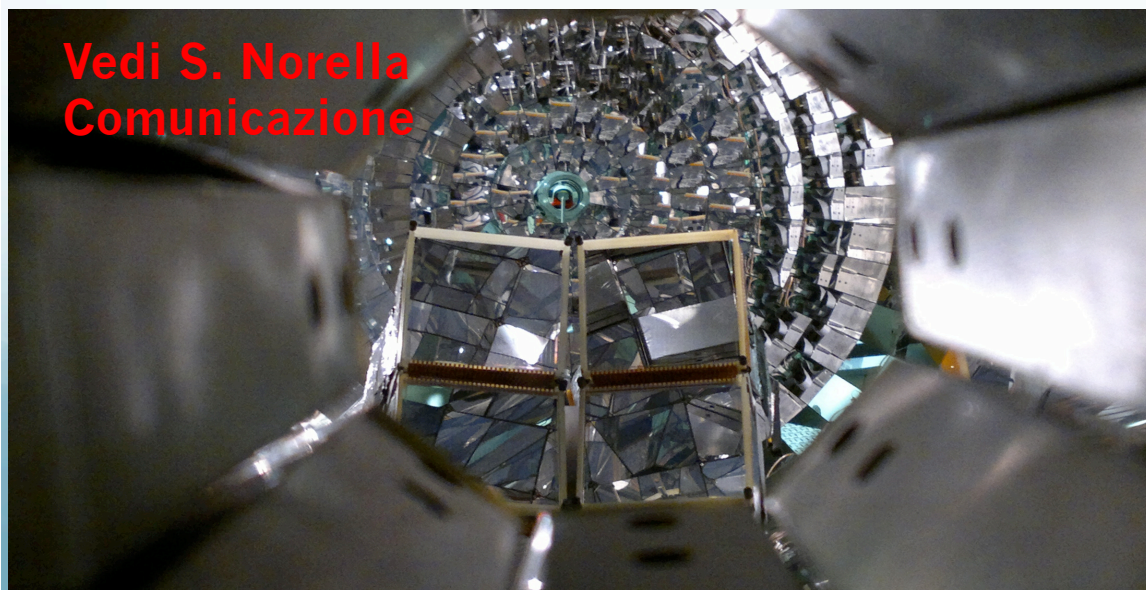
Chimera+FARCOS (prototipo)

Il test è stato fatto durante l'esperimento InKisSY (INverse Kinematic ISobaric SYstem)

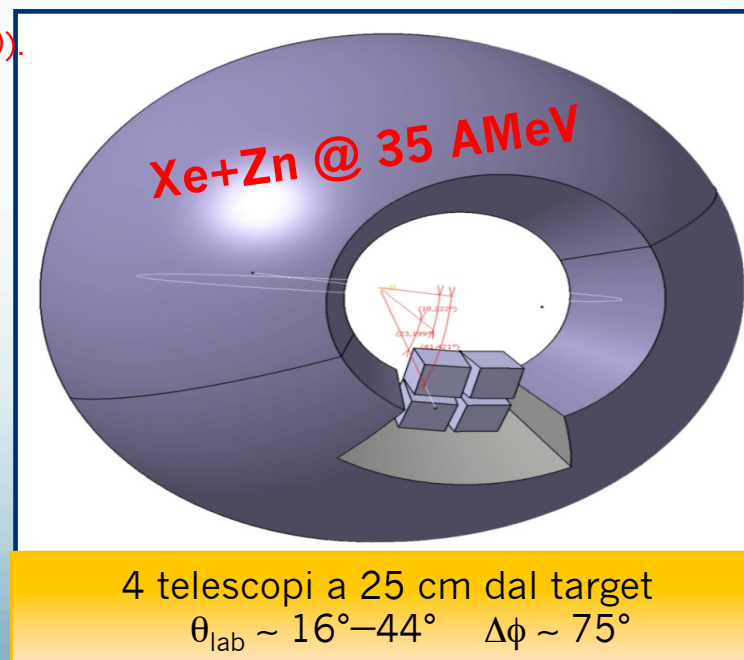
L'idea di questo esperimento è di usare una combinazione proiettile/target che abbia la stessa massa del sistema neutron rich $^{124}\text{Sn}+^{64}\text{Ni}$ ed un N/Z simile al neutron poor $^{112}\text{Sn}+^{58}\text{Ni}$ che è $^{124}\text{Xe}+^{64}\text{Zn}$ alla stessa energia di 35MeV/u usando il 4π CHIMERA ed il prototipo di FARCOS avente 4 moduli

System	N/Z Projectile	N/Z target	N/Z Coumpound
$^{124}\text{Sn}+^{64}\text{Ni}$	1.48	1.29	1.41
$^{112}\text{Sn}+^{58}\text{Ni}$	1.30	1.13	1.24
$^{124}\text{Xe}+^{64}\text{Zn}$	1.24	1.07	1.18

P. Russotto *et al.*, Phys. Rev. C **81**, 064605 (2010).



Vedi S. Norella
Comunicazione





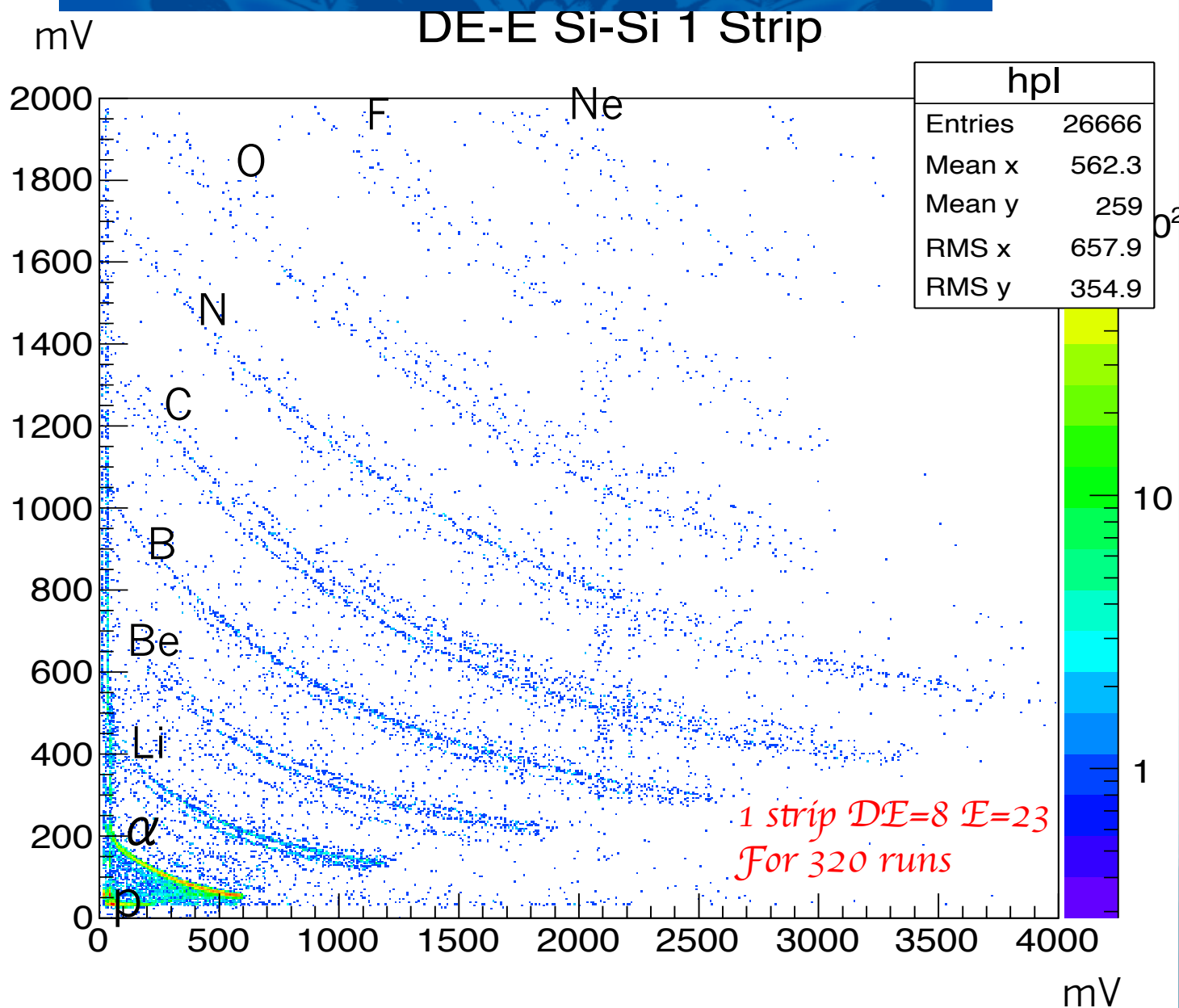
Identificazione e calibrazione

Per l'identificazione isotopica (Si-Si, Si-CsI(Tl), fast-slow) possono esserci due modi:

- Strip per strip vuol dire circa 100 matrici di identificazione per ogni telescopio:
 - 32 + 32 DE-E (Si-Si) (I secondi 32 dovuti all'“effetto Calotta”)
 - 32 DE-E (Si-CsI)
 - 4 fast-slow (CsI)
- Sommando le strip, 8 per esempio, il lavoro si riduce infatti avremmo solo 16 matrici di identificazione a telescopio:
 - 4+4 DE-E (Si-Si)
 - 4 DE-E (Si-CsI)
 - 4 fast-slow (CsI)

In linea di principio è possibile sommare le strip, infatti il rivelatore DSSSD è unico. L'unica ipotesi da fare è che la differenza di spessore tra le strip sia trascurabile. Ovviamente i canali di elettronica sono tutti diversi per cui si deve prima omogeneizzare le strip ad esempio con un segnale di pulser oppure calibrando in energia tutte le strip del rivelatore DSSSD

Quali sono quindi, le differenze tra i due modi di agire?

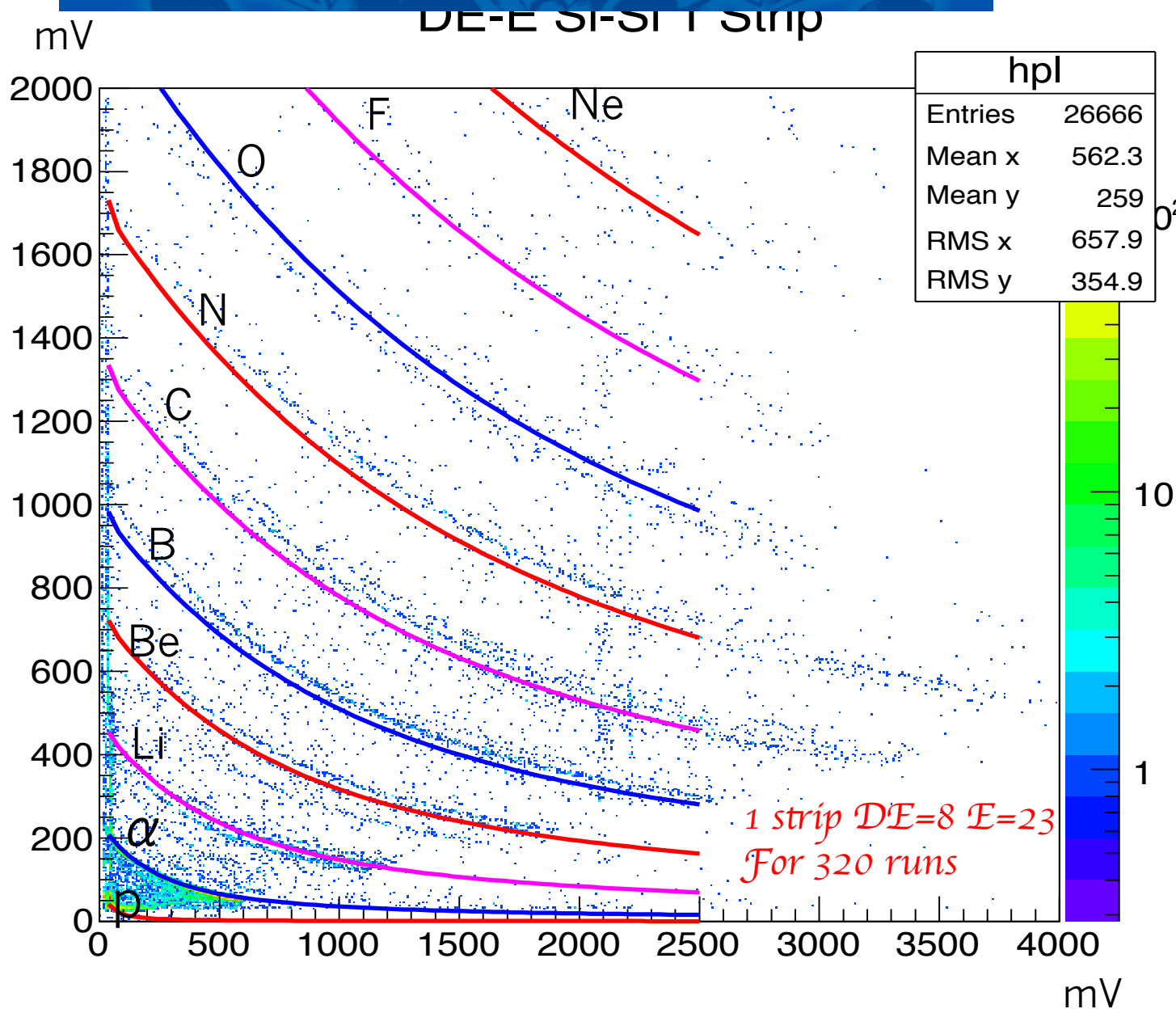


Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

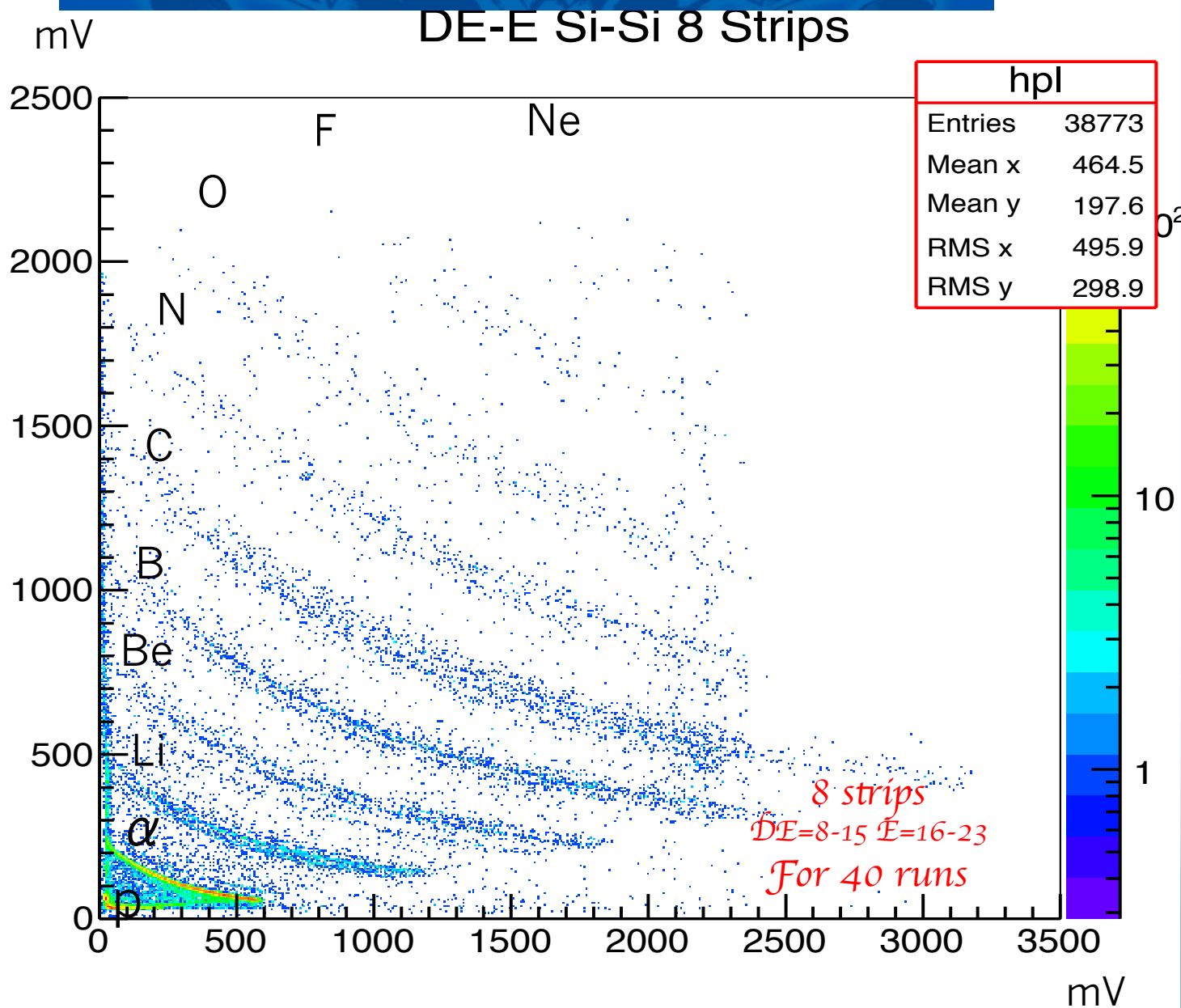


Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN



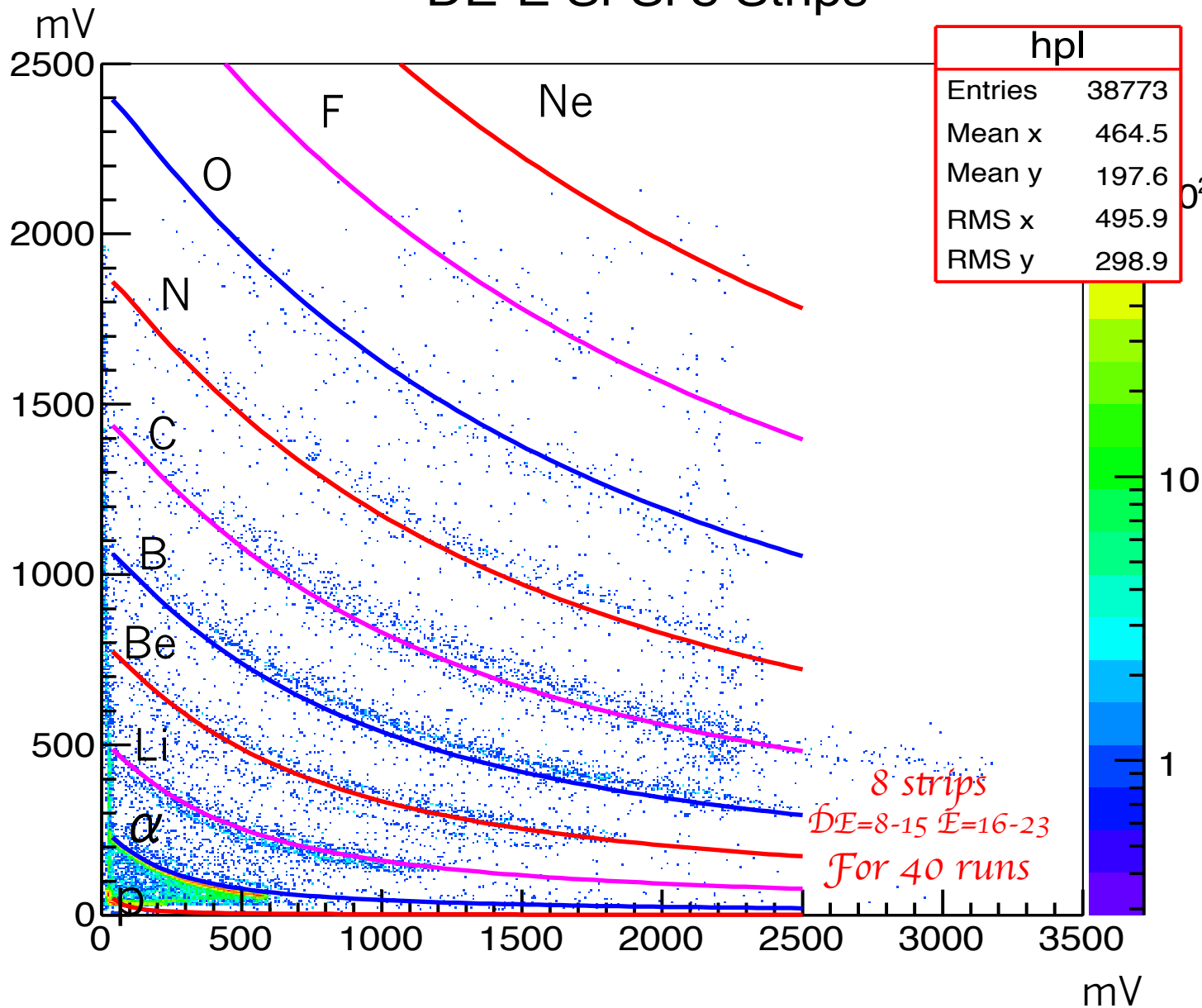
Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

DE-E SIF-SIF Strips

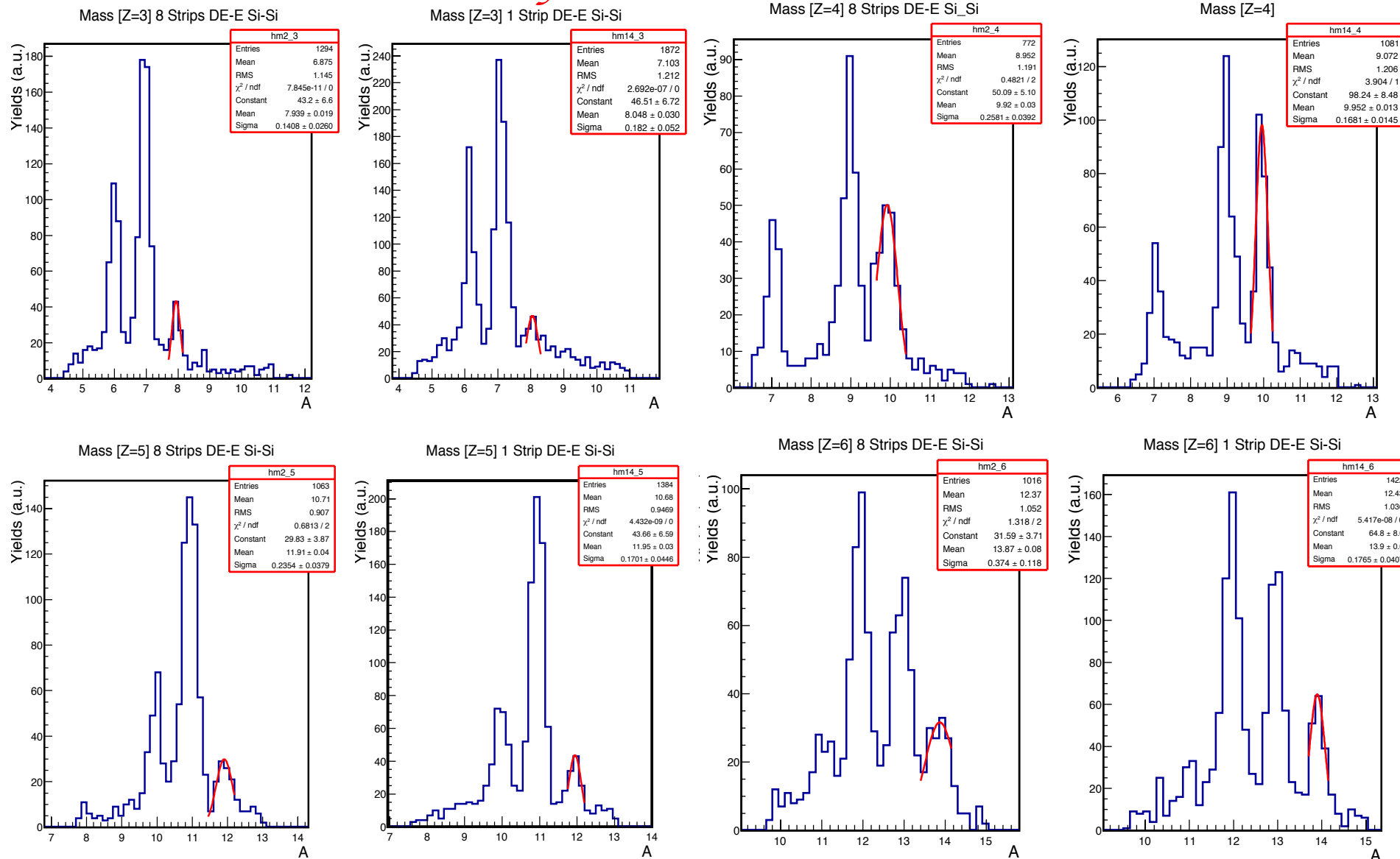


Roma, Italia
22 Settembre, 2015



F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Confronto tra I due modi



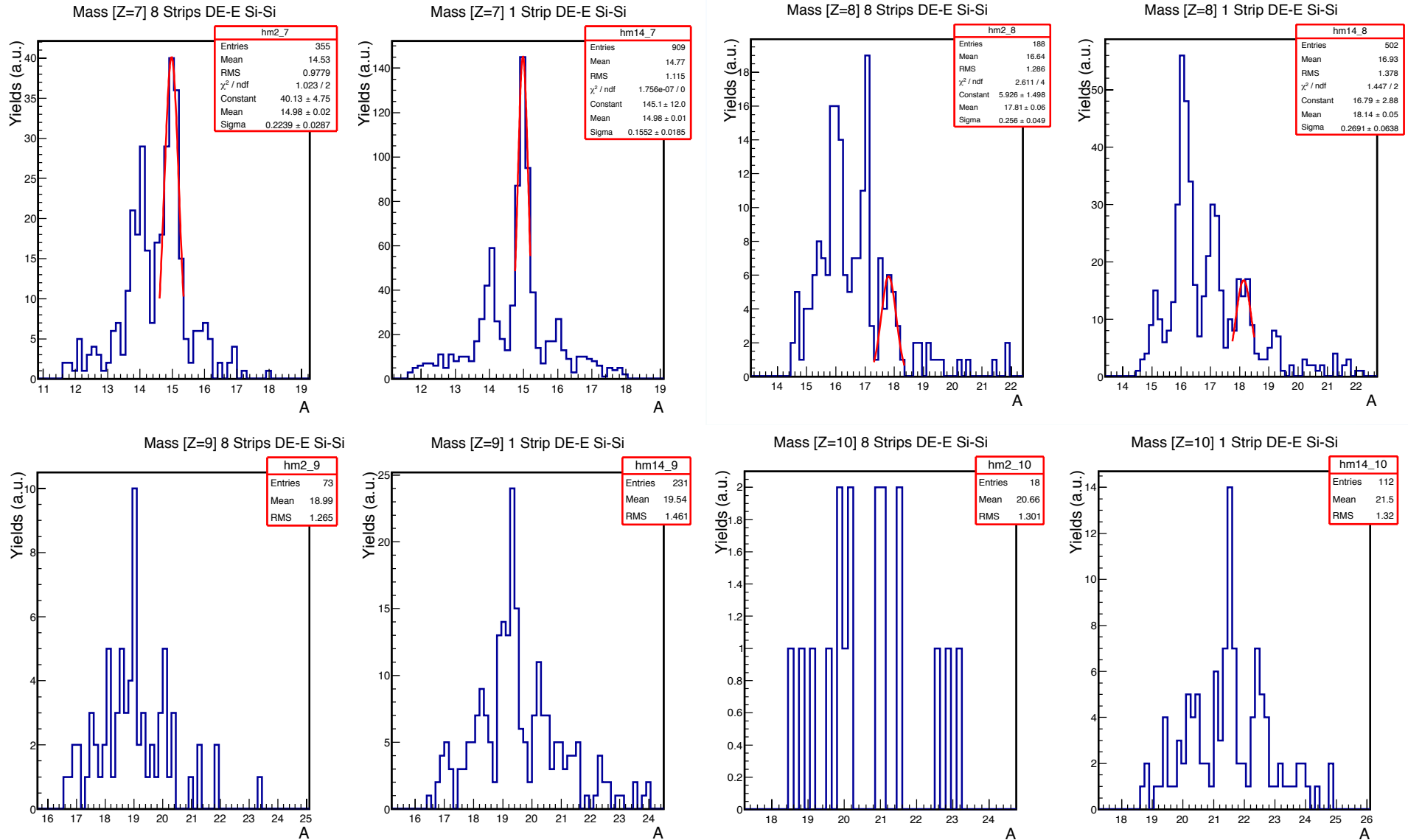
Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Confronto tra I due modi



Roma, Italia
22 Settembre, 2015

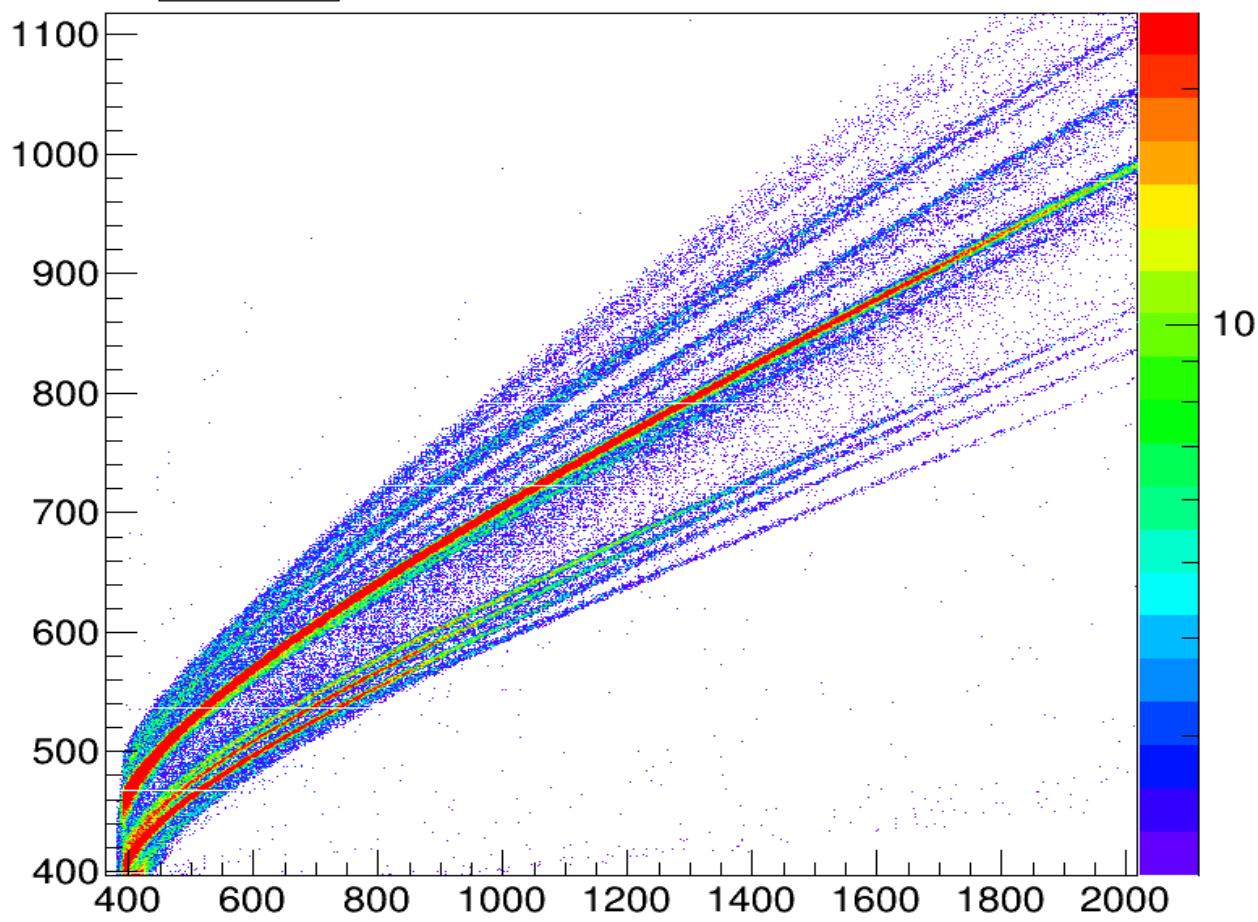


F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

FAST - SLOW Identification (PSD) in CsI(Tl)

hpl	
Entries	1718137
Mean x	883.9
Mean y	644.7
RMS x	384.2
RMS y	138.8

F-S User Plot



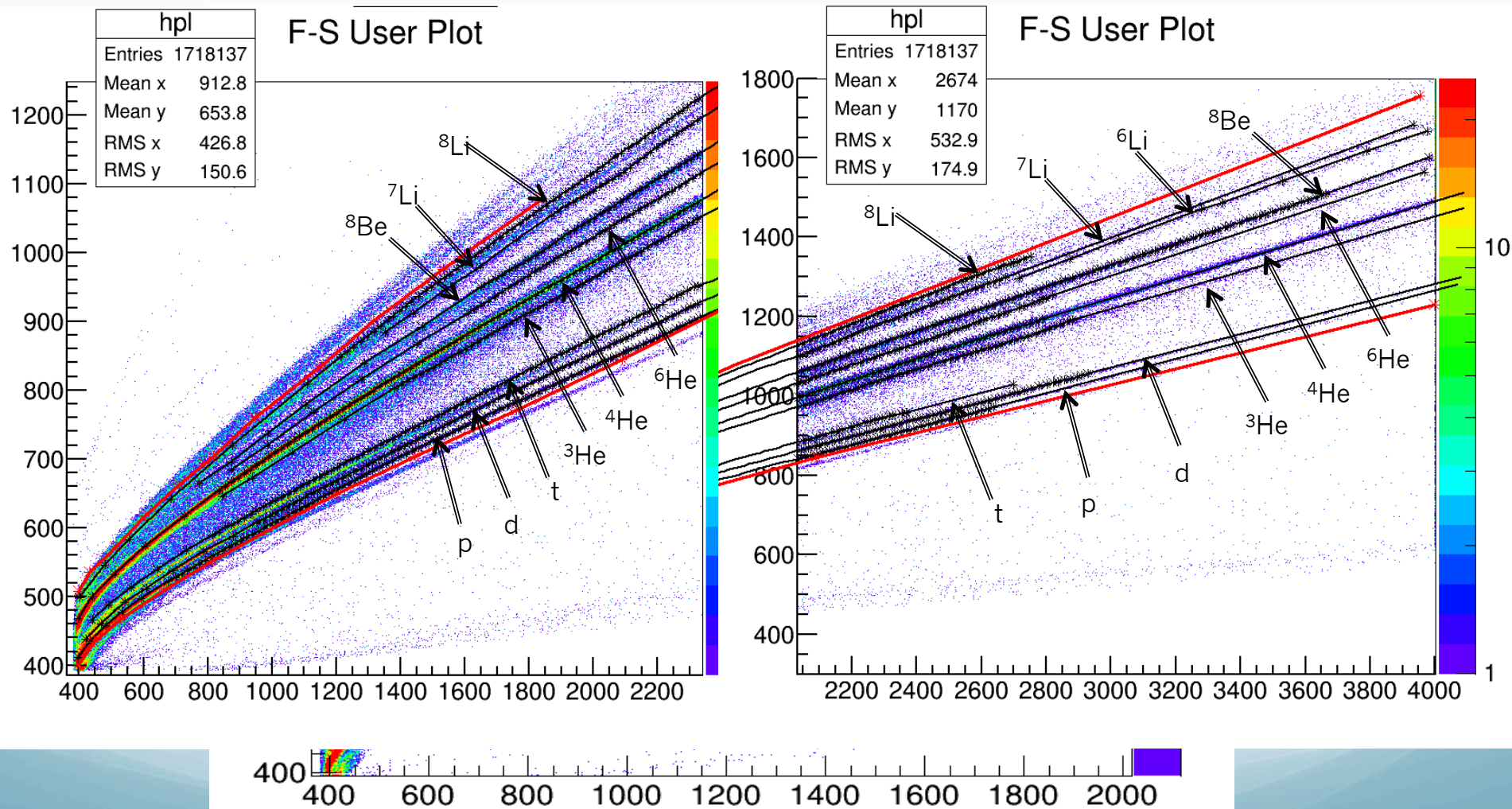
Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

FAST - SLOW Identification (PSD) in CsI(Tl)





Test dell'elettronica GET

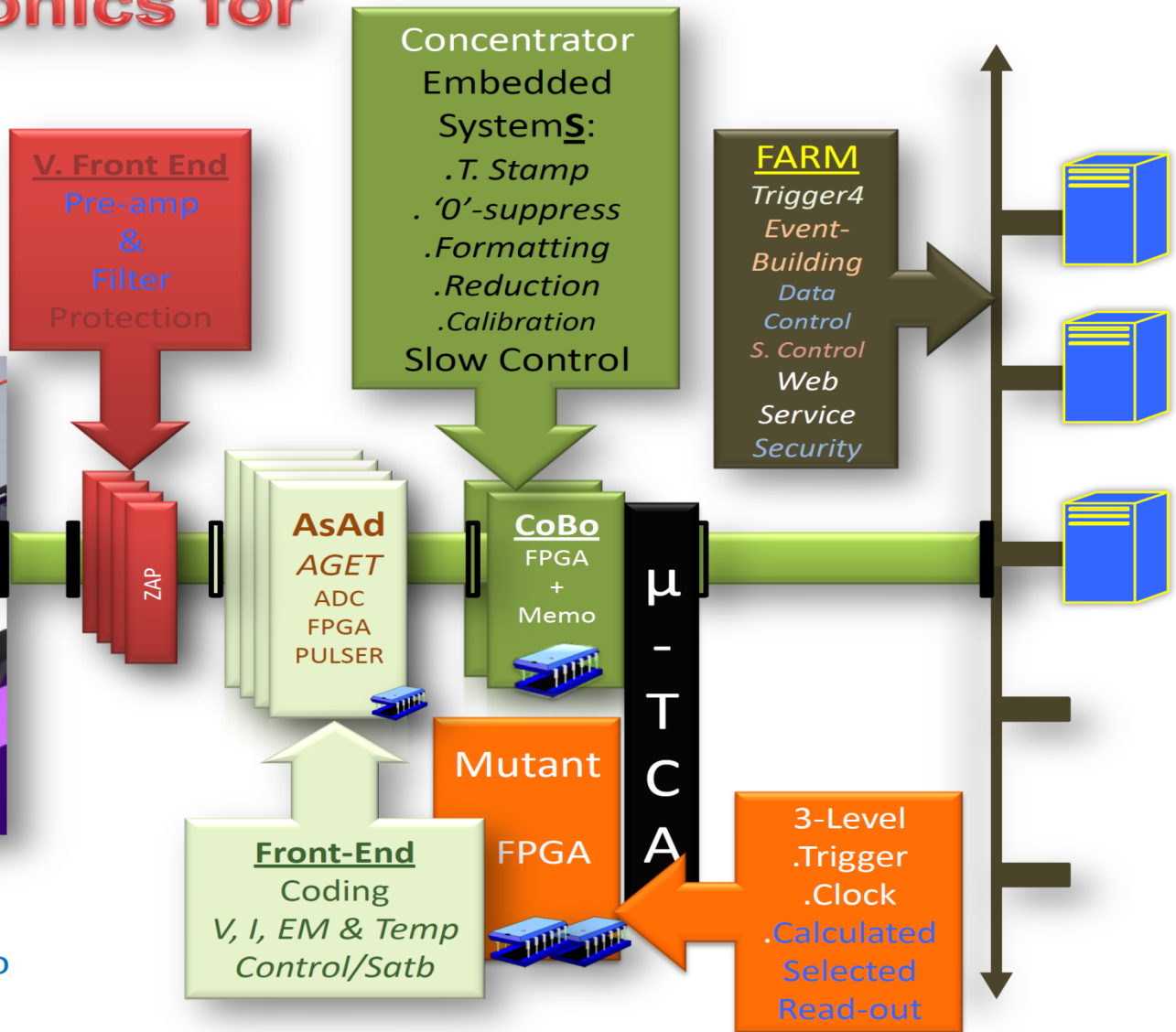
General Electronics for TPC

Generic Structure (H&S)

- 2¹² Final Dyn Rnge
- 10Gbit B.width
- 4 Level Digital Trigger



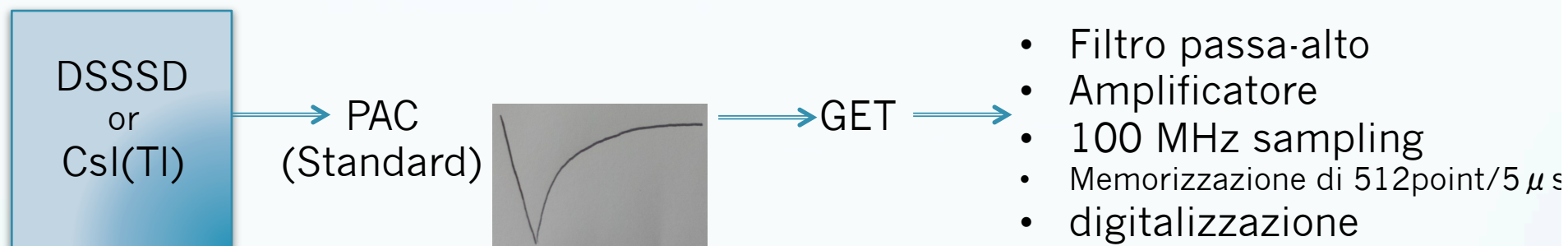
L. Pollacco
(courtesy)





Test dell'elettronica GET

GET (General Electronics for TPC)



**Vedi S. De Luca
Comunicazione**

Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Esperimento CLIR @ LNS (March 2015)

CLIR: Clustering in Light Ion Reactions.

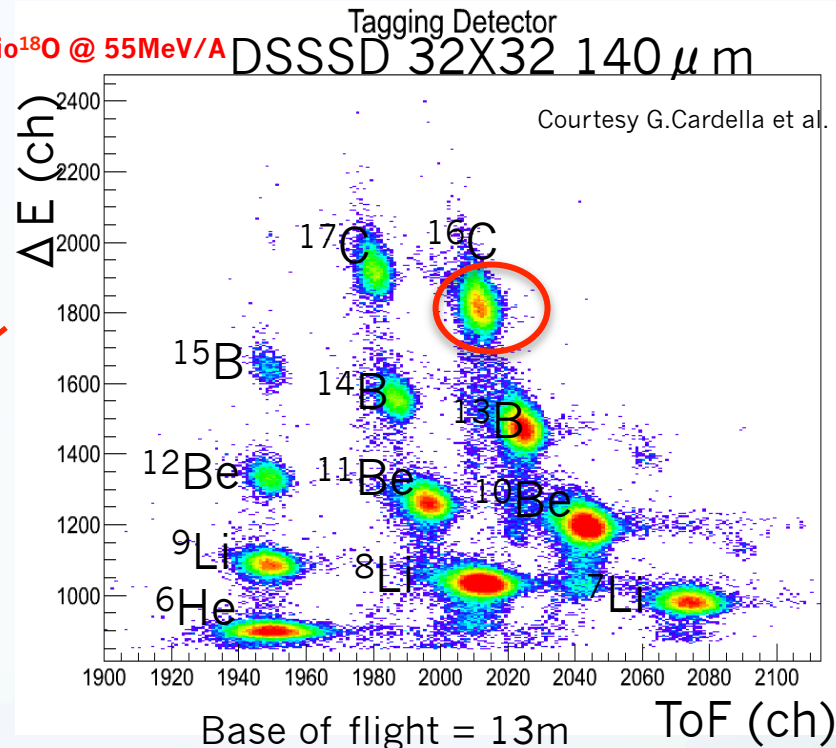
As an example:



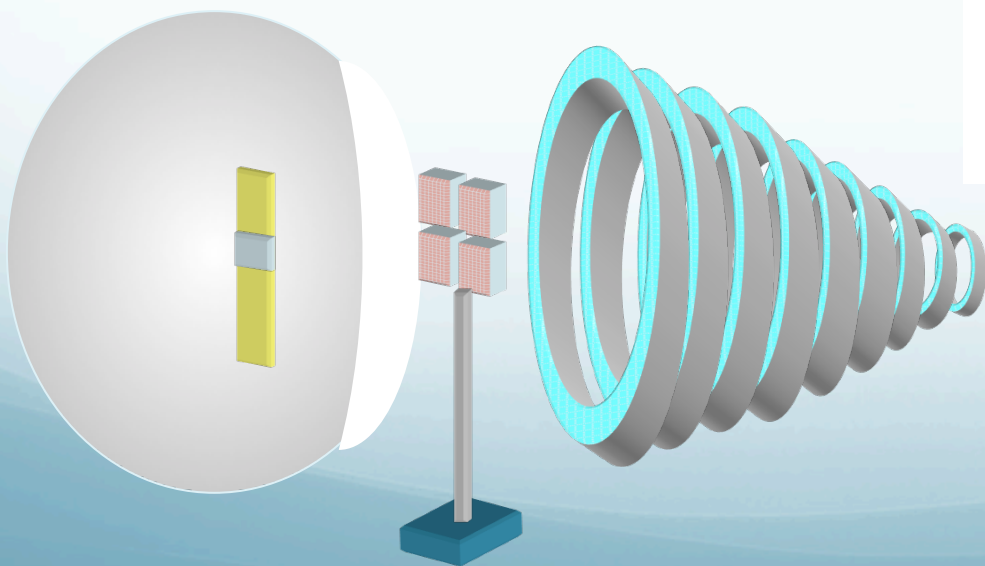
^{16}C from tagged FRIBS projectile fragmentation @ 40 MeV/A \rightarrow 15 kHz

I. Lombardo, G. Verde

Fascio primario ^{18}O @ 55 MeV/A
Tagging Detector
DSSSD 32X32 140 μm



Preliminary



Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

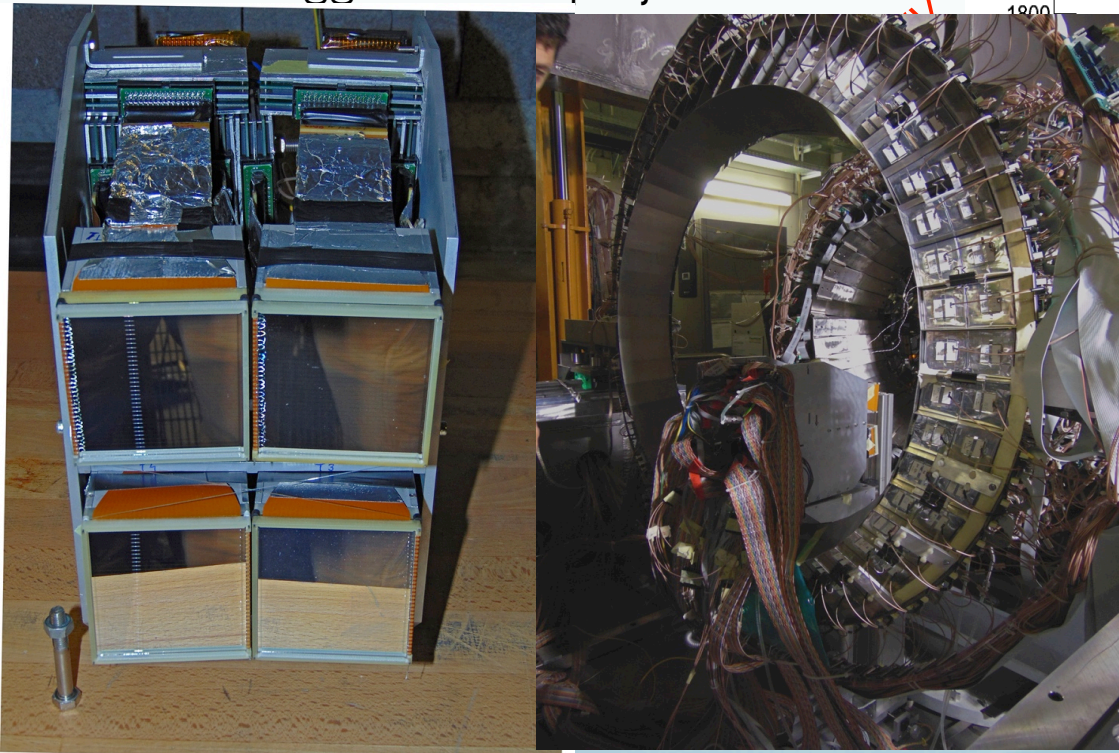
Esperimento CLIR @ LNS (March 2015)

CLIR: Clustering in Light Ion Reactions.

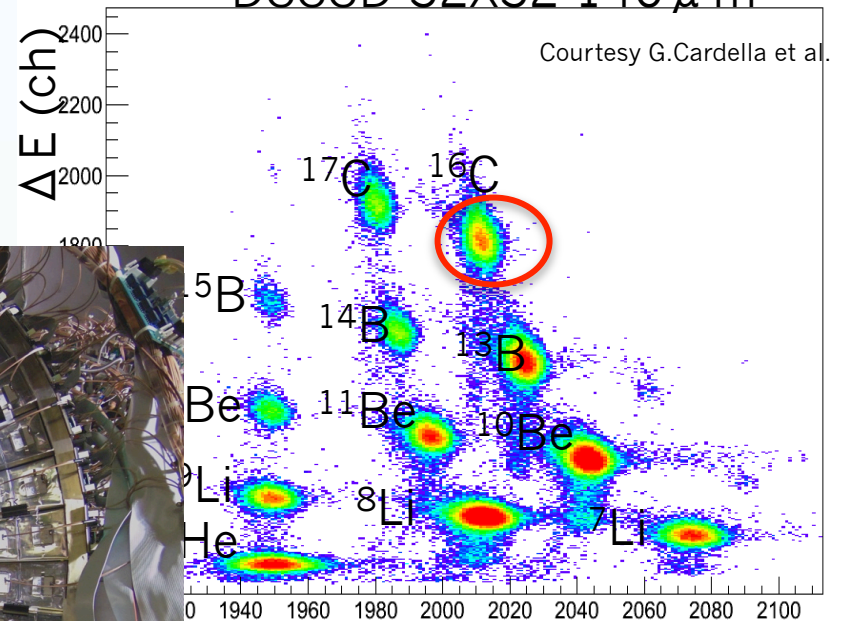
As an example:



16C from tagged FRIBS projectile



Primary beam ^{18}O @ 55 MeV/A Tagging Detector
DSSSD 32X32 140 μm



Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Esperimento CLIR @ LNS (March 2015)

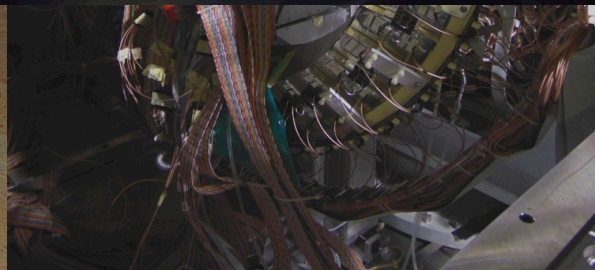
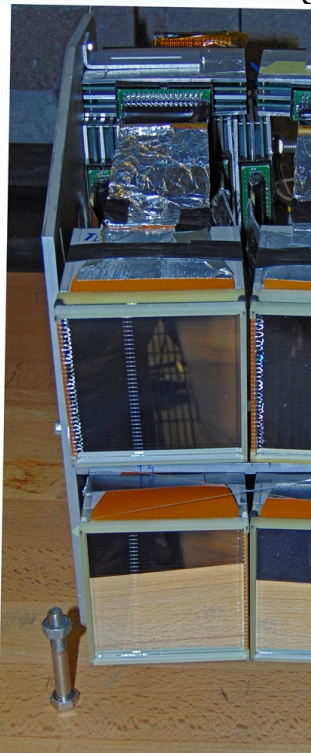
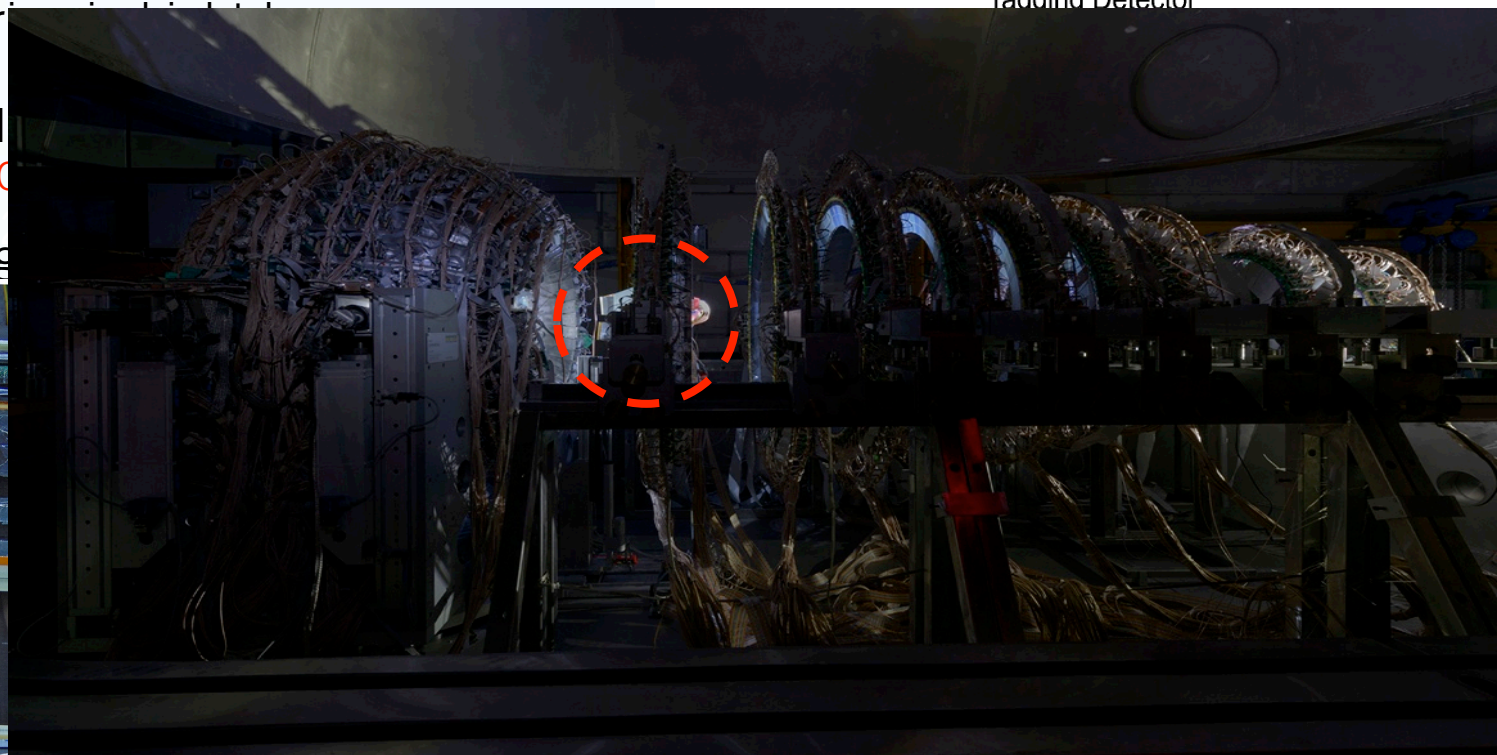
CLIR: Cluster
Reactions.

As an example

$16C + 12C \rightarrow 16O$

16C from tag

Tagging Detector



Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

TEST OF GET ELECTRONICS WITH BEAM Exotic beam of ^{16}C @ 40MeV/A

For the test of GET was connected to a telescope of CHIMERA from the Ring 2, 300 μm of Si – 12 cm of CsI(Tl), in order to compare with a telescope of the same ring connected with the standard electronic

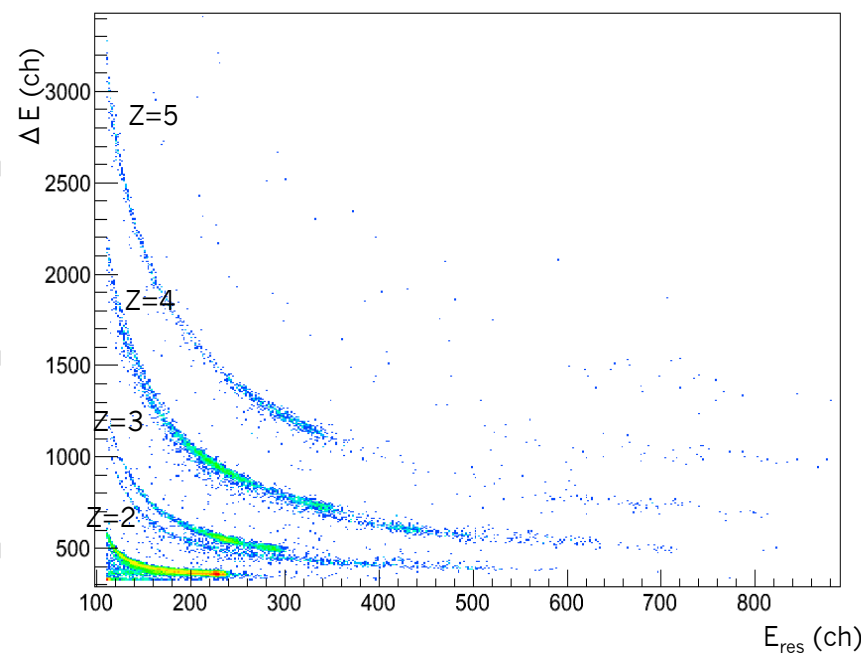
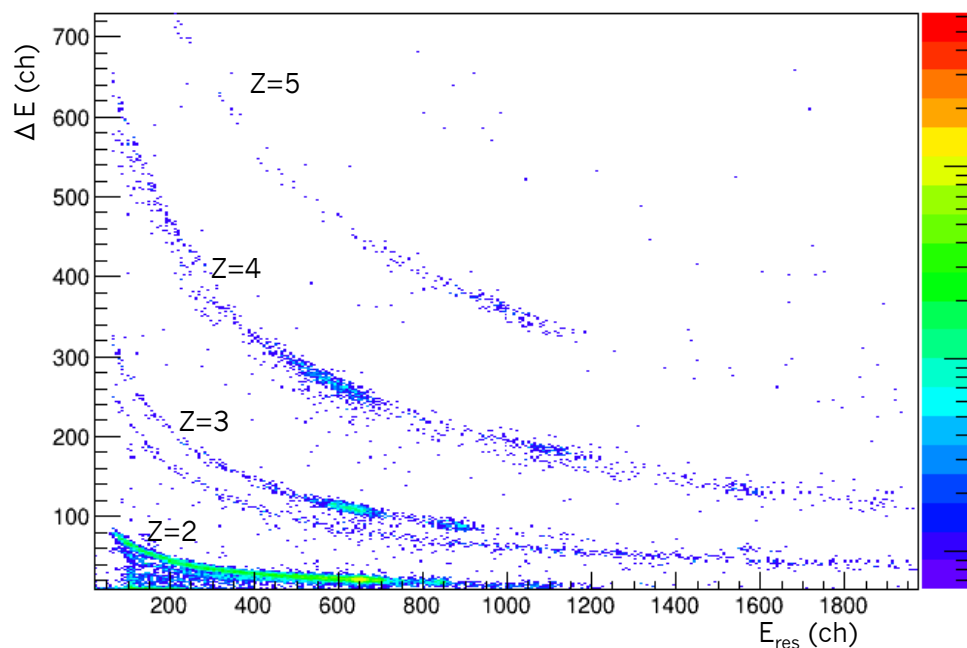
GET Electronic

CHIMERA STANDARD

Preliminary

fdesil:fEnergycsi

R2 17E HG Si-Fast CsI



Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

FARCOS: perspective I

Milestones nella costruzione di FARCOS : Stima preliminare dei costo di FARCOS:

- 2015 (I semestre): fine dei test di GET e assemblaggio di 2 nuovi telescopi (fondi PRIN).
 - 2015 (II semestre): acquisto dell'elettronica per 20 telescopi e inizio test preamplificatori ASIC.
 - 2016: assemblaggio di 6 nuovi telescopi.
 - 2017: assemblaggio di 4 nuovi telescopi.
 - 2018: assemblaggio di 4 nuovi telescopi.
 - 2019: disponibili 20 telescopi completi di FARCOS
- Si ($300\ \mu\text{m} + 1500\ \mu\text{m}$) + Csl(Tl): 316.5 K€
 - Elettronica GET per Si (5120 ch) e Csl(Tl) (80 ch) in doppia dinamica: 208.5 K€
 - Parti di ricambio 20%: 40 K€
 - Power boards: 20 K€
 - Meccanica (interfaccia, flange, etc.): 60 K€
 - PAC (diversi tipi): 80 K€
 - Farm disk server e analisi online : 70 K€
 - Imprevisti (6%): 54.5 K€
 - totale: ≈ 850 K€

Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

FARCOS: perspective II

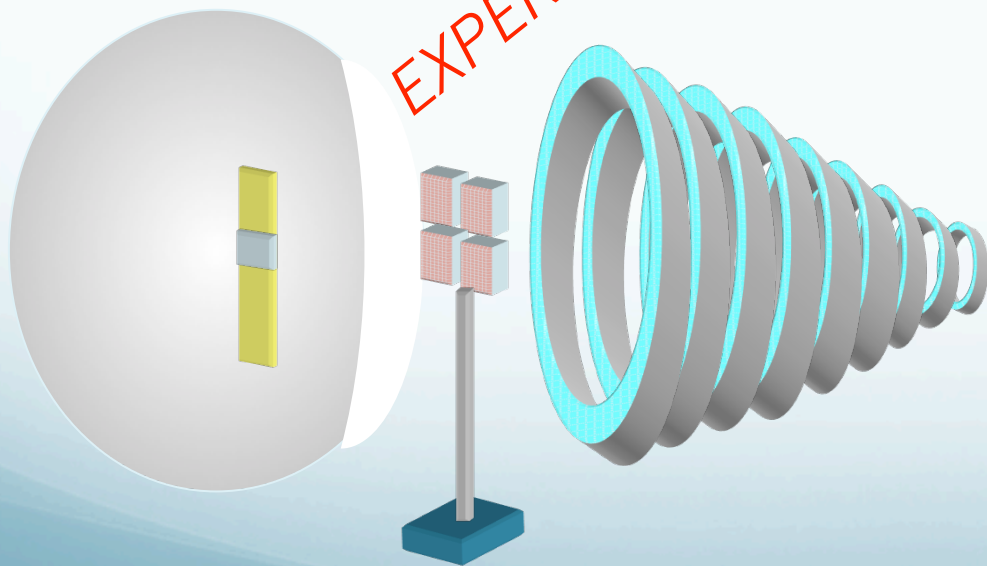
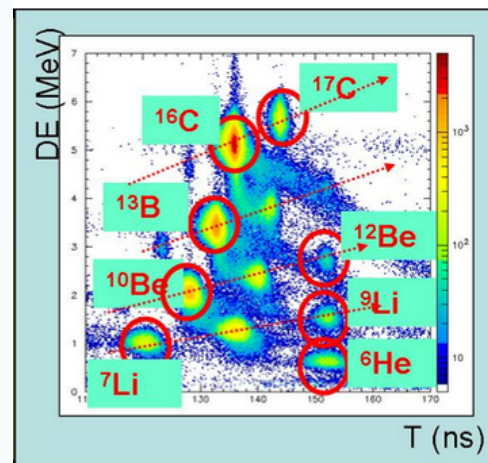
CLIR: Clustering in Light Ion Reactions



^{16}C from tagged FRIBS projectile fragmentation \rightarrow 120 kHz

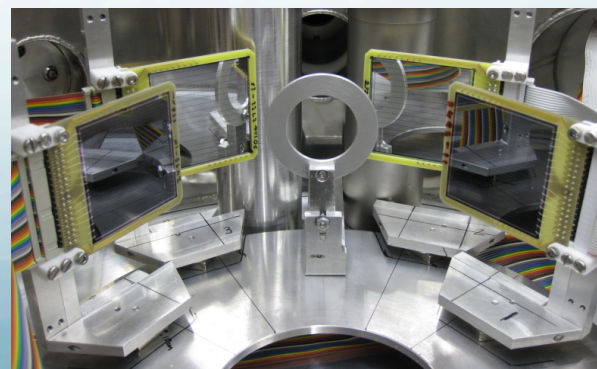
I. Lombardo, G. Verde

EXPERIMENTI IN 2015 @ LNS



SIKO: α -gas state in ^{28}Si
 $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{28}\text{Si} \rightarrow 7 \cdot \alpha$
 $E/A = 10\text{-}25$ MeV

T. Kokalova, G. Verde



Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & INFN

FARCOS: perspective III

2 letters of Intent submitted for SPES - LNL RIB Facility



Isospin dynamics and thermodynamics in n-rich heavy-ion induced reactions

G. Casini^a, S. Barlini^a, M. Bini^a, M. Bruno^c, M. Cinausero^f, M. D'Agostino^c, D. Fabris^{pd}, N. Gelli^a,
F. Gramegna^f, T. Marchi^f, L. Morelli^c, A. Olmi^a, G. Pasquali^a, G. Pastore^a, S. Piantelli^a, G. Poggi^a,
A. Stefanini^a, S. Valdré^a, R. Albaⁱ, E. Bonnetⁱ, R. Bougault^d, A. Brondi^{na}, M. Chartier^g,
M. Degerlier^m, J.D. Frankland^e, S. Grimes^{oh}, D. Gruyer^e, T. Kozik^{ju}, M. La Commara^{na},
G. La Rana^{na}, R. Lemmon^g, N. Le Neindre^d, I. Lombardo^{na}, C. Maiolinoⁱ, A. Ordine^{na}, E. Rosato^{na},
D. Santonocitoⁱ, G. Spadaccini^{na}, T. Twarog^{ju}, E. Vardaci^{na}, G. Verde^b, E. Vient^d, M. Vigilante^{na},
A. Voinov^{oh}, and
M. Colonnaⁱ, M. Di Toroⁱ, C. Rizzoⁱ, A. Botvina^{mo}

SPES Letter Of Intent – March 2014

Isospin dependence of compound nucleus formation and decay

E. DeFilippo (INFN - Catania), J.D. Frankland (GANIL Caen), S. Pirrone (INFN - Catania),
G. Politi (Univ. and INFN – Catania), Russotto (INFN-Catania)

Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Conclusioni

FARCOS al momento è composto da 4 moduli in fase di test.

Analisi preliminari suggeriscono che FARCOS sta rispondendo bene con un ottima risoluzione energetica ed angolare.

L'obiettivo futuro è quello di sviluppare procedure automatiche che possano rendere più facile e più veloce il lavoro di analisi, di identificazione e di calibrazione.

L'elettronica GET può rappresentare un ottima opportunità per avere un grande numero di canali (≈ 5000) in modo compatto e quindi portatile!

La mia analisi del prototipo di FARCOS continuerà, non appena finite procedure di calibrazione e di identificazione con lo studio di correlazioni tra particelle leggere, e tra IMF-IMF in modo da estendere lo studio del termine di asimmetria della EOS a bassa densità barionica portato avanti sino ad ora con grande successo dalla collaborazione CHIMERA.

Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Grazie per l'attenzione

L. Acosta¹⁰, L. Auditore^{4,5}, C. Boiano⁷, G. Cardella³, A. Castoldi^{6,7}, M. Colonna², M. D'Andrea³, E. De Filippo³, S. De Luca⁵, F. Fichera³, L. Francalanza^{1,2}, N. Giudice^{1,3}, B. Gnoffo¹, A. Grimaldi³, C. Guazzoni^{6,7}, G. Lanzalone^{2,8}, I. Lombardo⁹, T. Minniti¹, S. Norella^{4,5}, A. Pagano³, E.V. Pagano^{1,2}, M. Papa³, S. Pirrone³, G. Politi^{1,3}, F. Porto^{1,2}, L. Quattrocchi^{4,5}, F. Riccio, F. Rizzo^{1,2}, P. Rusotto³, G. Sacca³, A. Trifiro^{4,5}, M. Trimarchi^{4,5}, G. Verde³, P. Zambon⁶

¹Università di Catania

²INFN- Laboratri Nazionali del Sud

³INFN-Sezione di Catania

⁴Università di Messina

⁵INFN-Sezione di Catania, Gruppo collegato di Messina

⁶Politecnico di Milano

⁷INFN – Sezione di Milano

⁸Università Kore di Enna

⁹INFN – Sezione di Napoli

¹⁰University of Huelva

Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

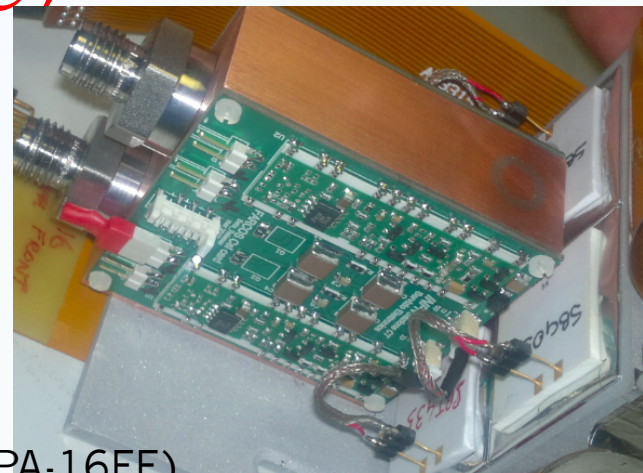
F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Electronic (PAC)

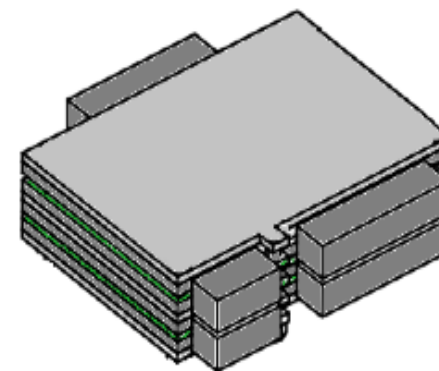
- CsI Crystals: Standard PAC “CHIMERALIKE”
- DSSSD: 32 Ch PAC (INFN-MI)

Features:

- Channel: 32
- Sensitivity: 5, 10, 20 or 45 mV/MeV
- Dimension: 86x80x10 mm (NPA-16FL), 98x80x15 mm(NPA-16FE)
- Input Bias voltage: ± 300 V (Max)
- ESD Input Protection
- TEST pulse input
- Low power consumption (<900 mW) for vacuum use
- Pseudo-differential or single ended output (with 100 or 50 Ω back termination)
- Max output voltage: ± 4.5 V

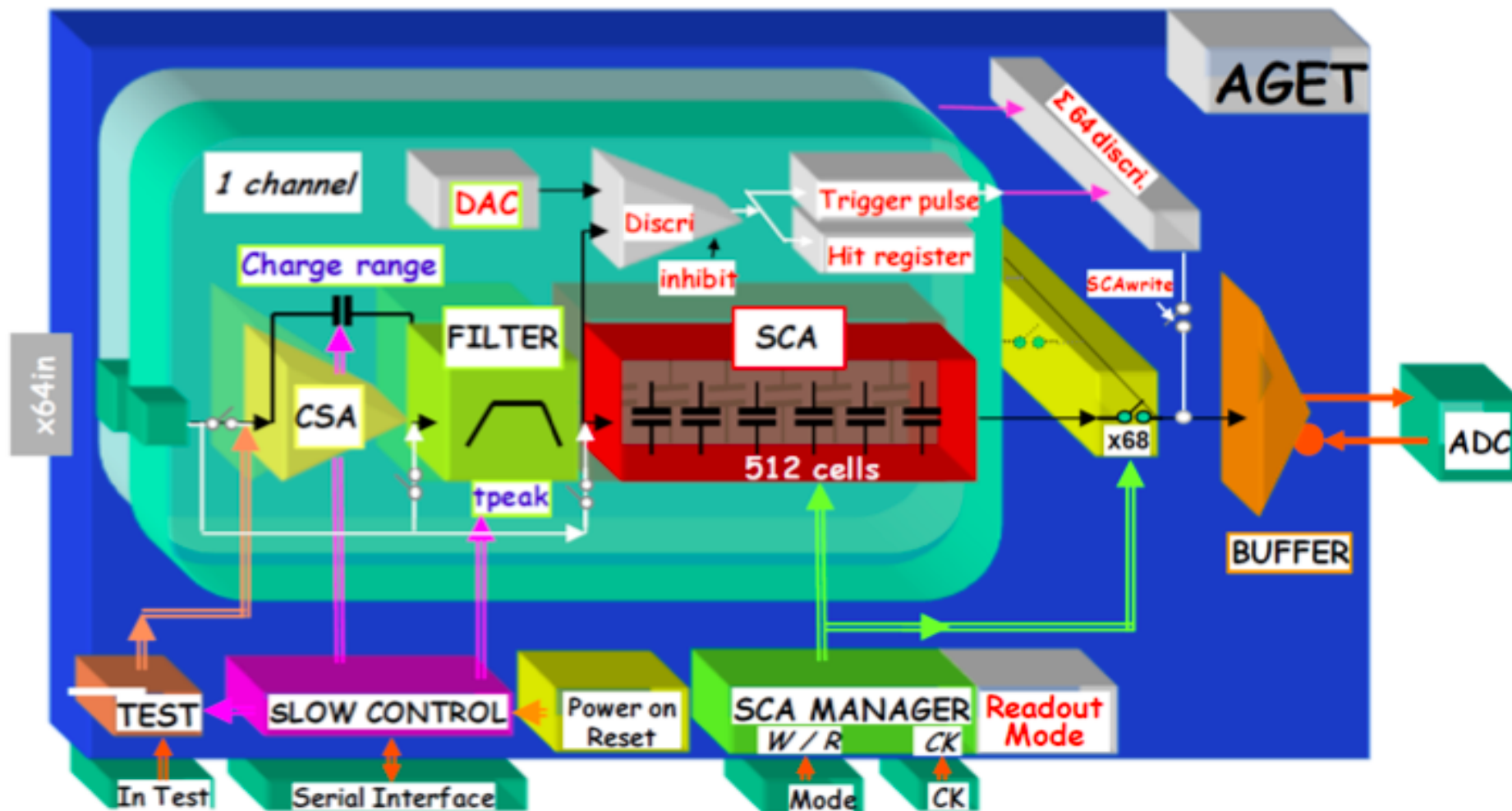


Comparison with
Mesytech PAC was
made





Hardware Architecture for AGET



Block diagram of the AGET chip.



Confronto tra 1 due modi

"Single-strip"		"sum-strips"	
✓	✗	✓	✗
Buona risoluzione isotopica	Lavoro di identificazione lungo (100 matrici per telescopio, possibile finché si hanno solo 4 telescopi)	Lavoro di identificazione veloce (16 matrici per telescopio, ottimo quando se ne avranno 20)	Peggior risoluzione isotopica (almeno per il momento)
Non è necessaria una calibrazione in energia		Buono se si ha poca statistica	
Ampio range di identificazione: $1 \leq Z \leq 10$	C'è bisogno di grande statistica per singola strip (0.2x6.4 cm)	Buono se non è necessario un ampio range di identificazione: $1 \leq Z \leq 2(3)$	È necessaria una calibrazione in energia (mV o meglio in MeV)
Buono se il rivelatore è vicino al target (25cm)		Se si lavora lontano dal target (0.8-1.0 m)	

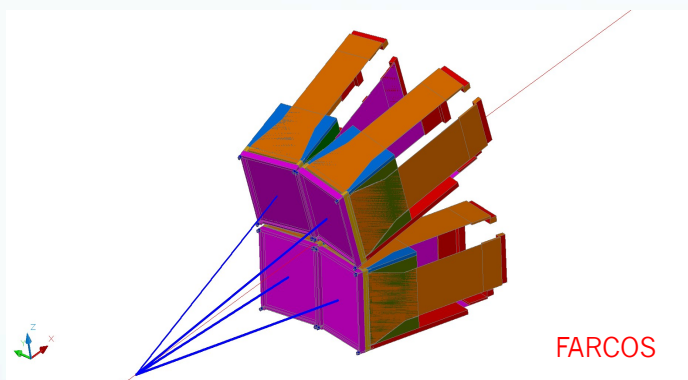
Roma, Italia
22 Settembre, 2015



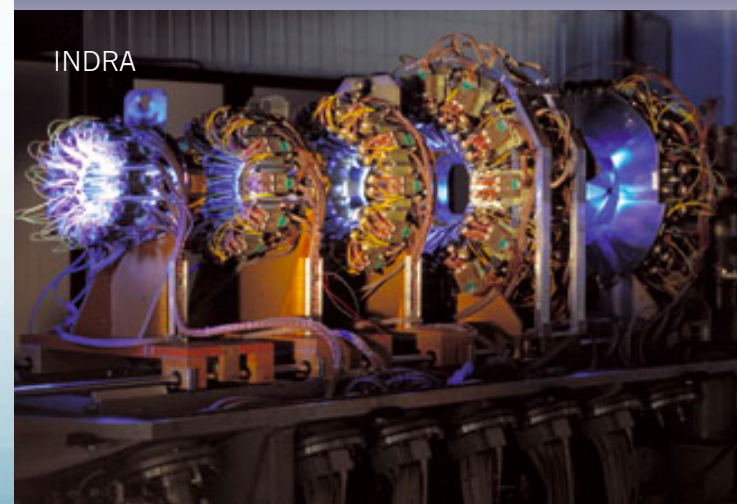
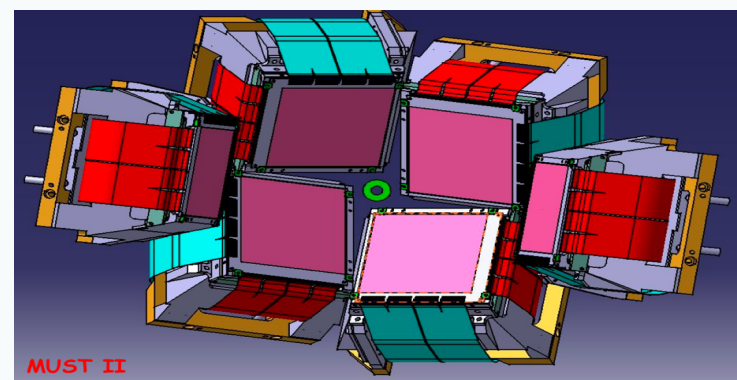
Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

FARCOS: perspective III
New experimental campaign coupling FARCOS and MUST II
Using
The 4π Detector CHIMERA @ LNS (CATANIA-ITALY)
The 4π Detector INDRA @ GANIL (CAEN-FRANCE)



+





Confronto tra 1 due modi

"Single-strip"		"sum-strips"	
✓	✗	✓	✗
Buona risoluzione isotopica	Lavoro di identificazione lungo (100 matrici per telescopio, possibile finche si hanno solo 4 telescopi)	Lavoro di identificazione veloce (16 matrici per telescopio, ottimo quando se ne avranno 20)	Peggior risoluzione isotopica (almeno per il momento)

Nel caso dell'esperimento InKilsSy (solo 4 telescopi) il metodo "Single-Strip" è migliore e fattibile

Ampio range di identificazione: $1 \leq Z \leq 10$	C'è bisogno di grande statistica per singola strip (0.2x6.4 cm)	Buono se non è necessario un ampio range di identificazione: $1 \leq Z \leq 2(3)$	È necessaria una calibrazione in energia (mV o meglio in MeV)
Buono se il rivelatore è vicino al target (25cm)		Se si lavora lontano dal target (0.8-1.0 m)	

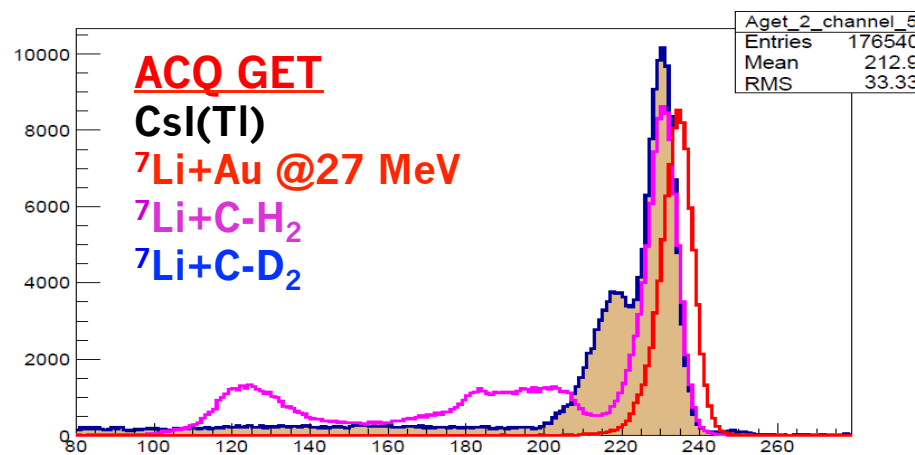
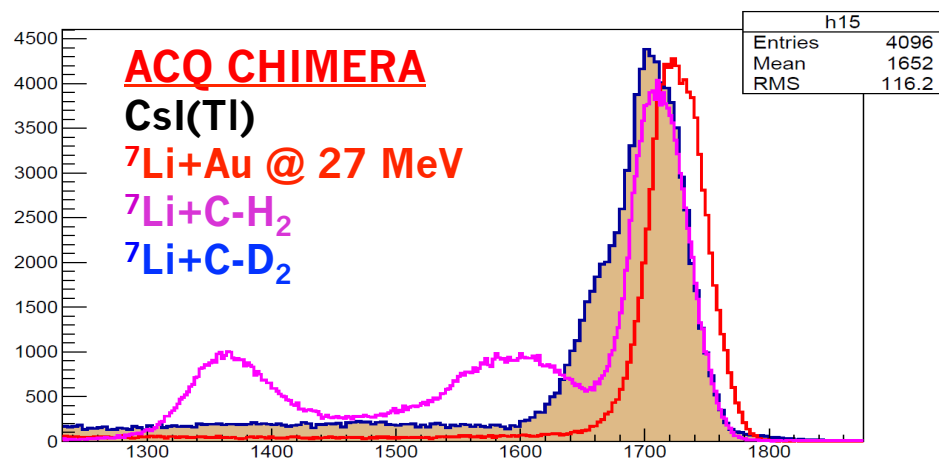
Roma, Italia
22 Settembre, 2015



Congresso Nazionale
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

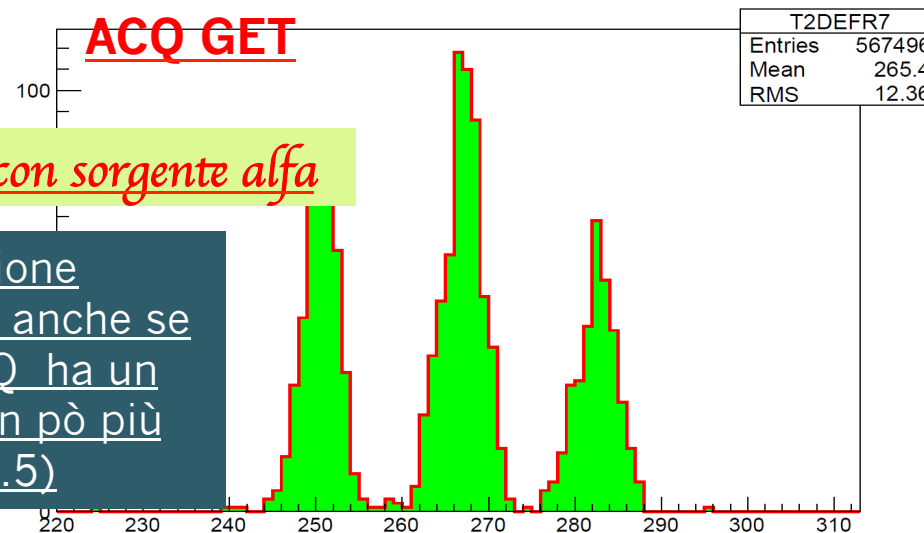
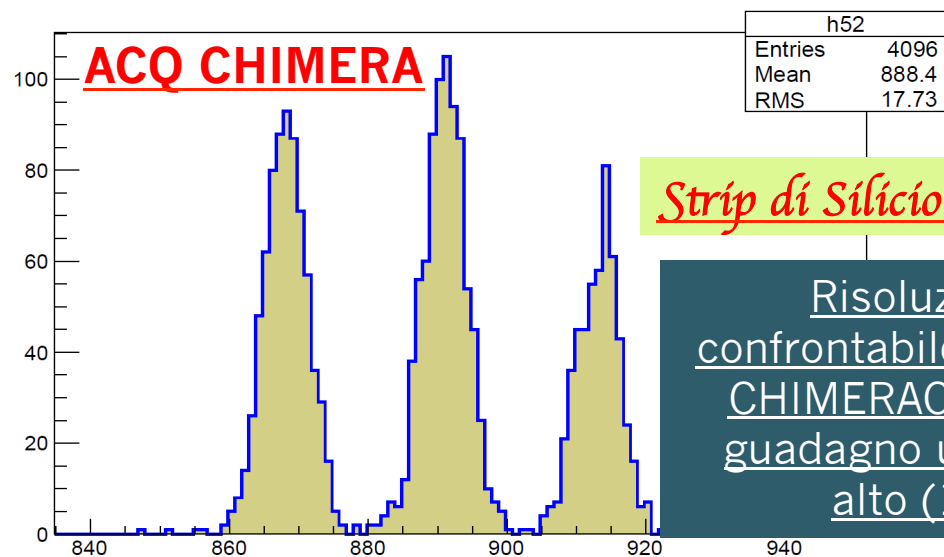
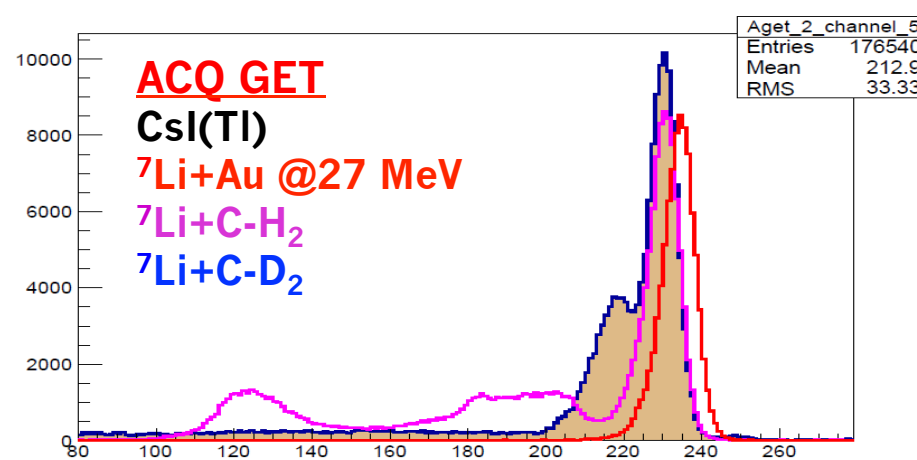
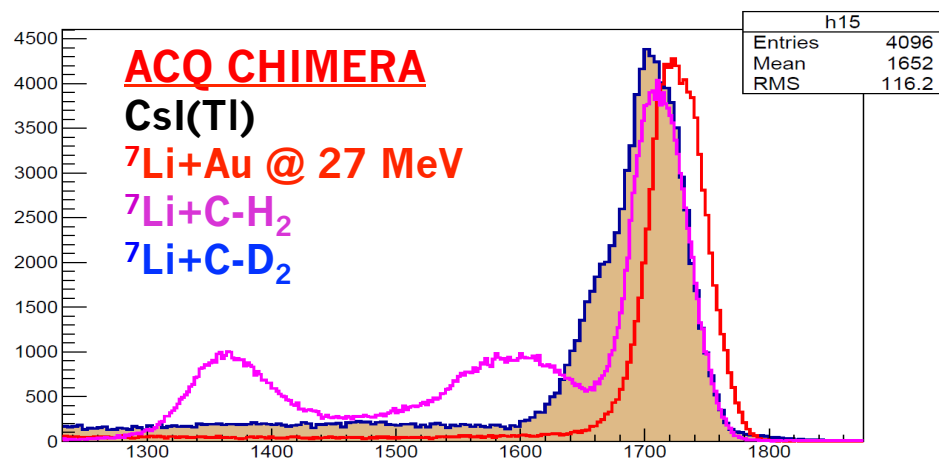
F. V. Pagano
Univ. of Catania & LNS-INFN

Test dell'elettronica GET: Primi risultati Estremamente preliminari (March 2014)





Test dell'elettronica GET: Primi risultati Estremamente preliminari (March 2014)

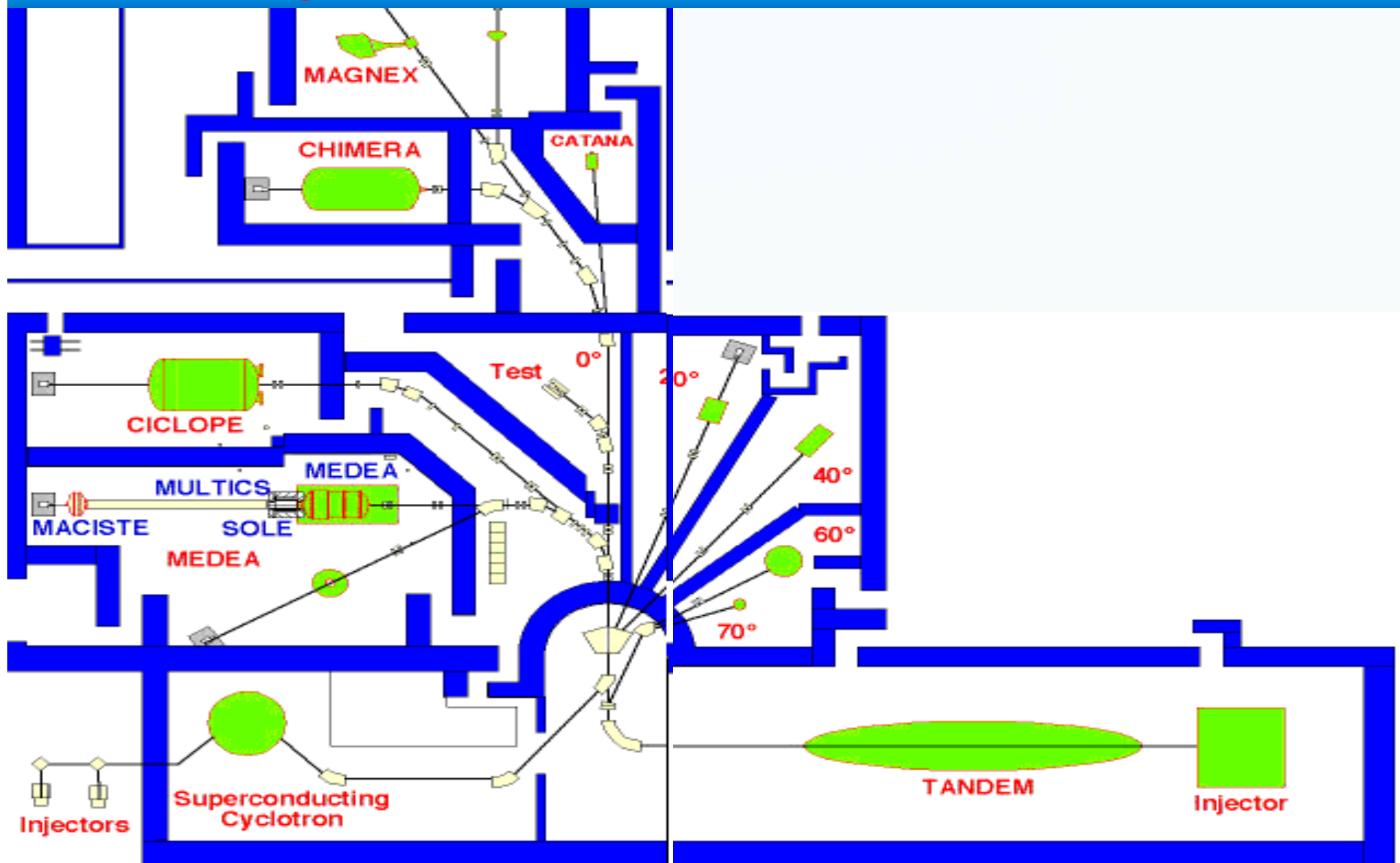


Strip di Silicio con sorgente alfa

Risoluzione
confrontabile anche se
CHIMERACQ ha un
guadagno un pò più
alto (1.5)



Fragmentation beams at INFN-LNS - Catania



Roma, Italia
22 Settembre, 2015

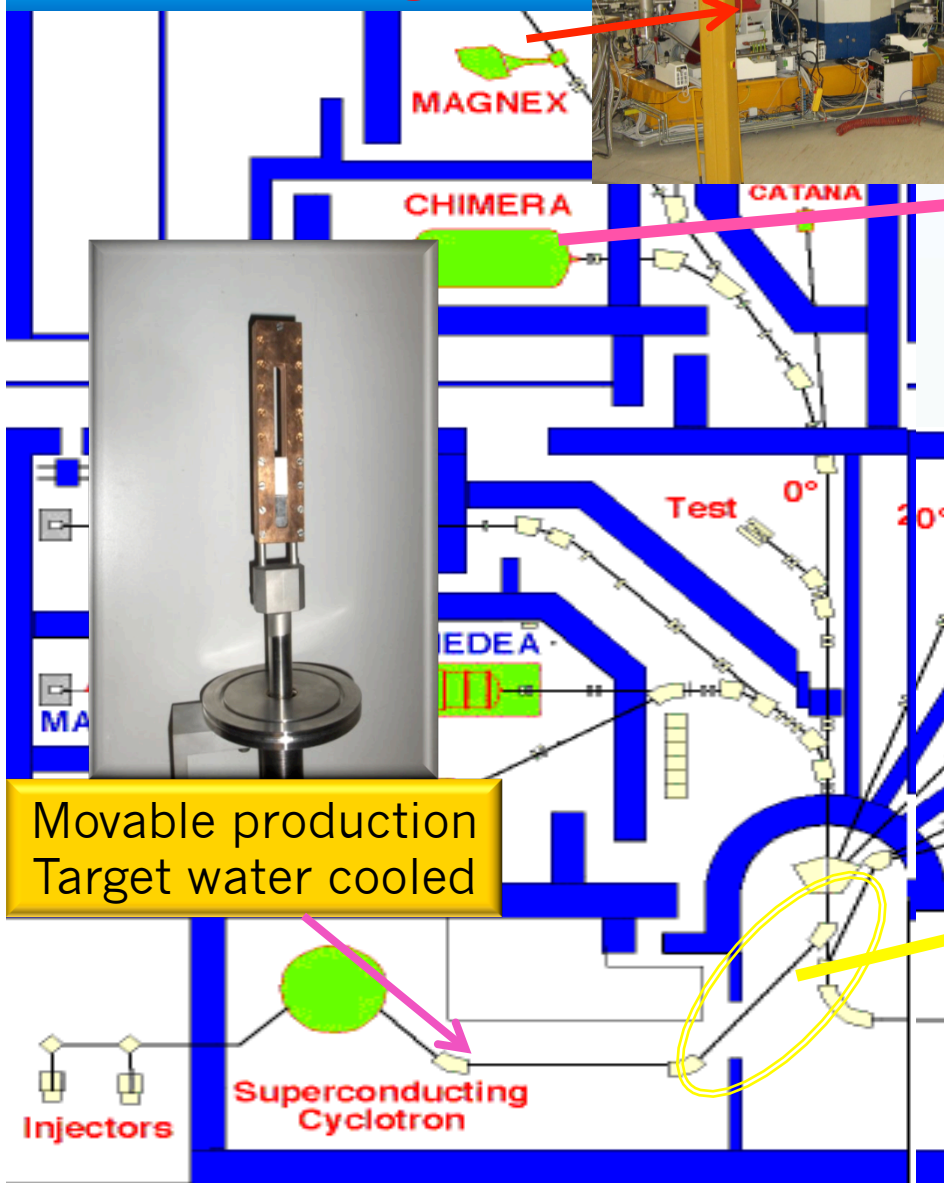


Congresso Nazionale

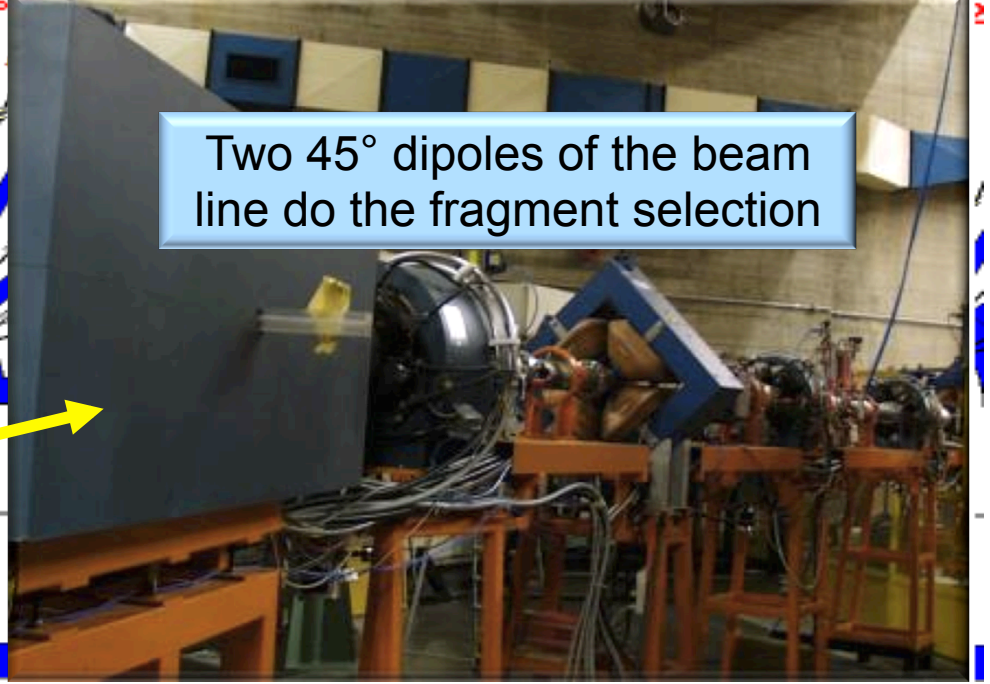
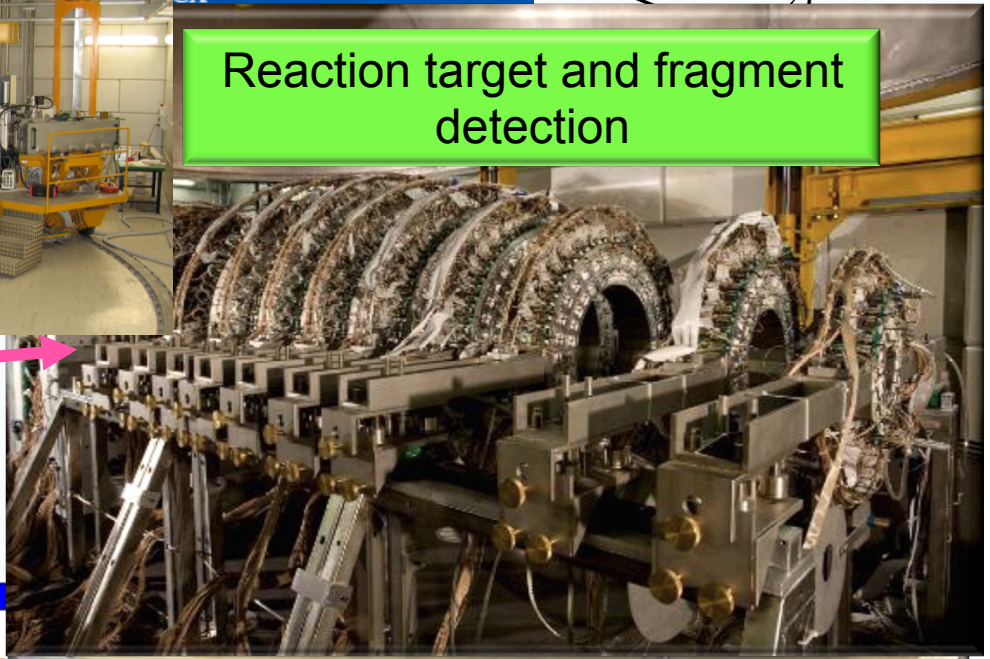
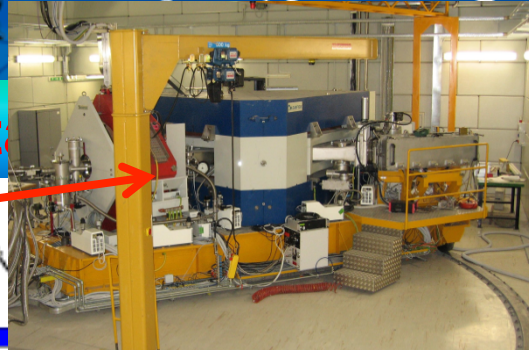
F. V. Pagano

Fragment

Reaction target and fragment detection



Movable production Target water cooled



Two 45° dipoles of the beam line do the fragment selection