

# INFN-LNF/Cs CSN5 Continuing R&D Projects

## Consiglio di Laboratorio LNF - Preventivi 2017



Simone Dell'Agnello, CSN5 LNF/Cs Coordinator

*INFN-LNF - July 4, 2016*

# CSN5 News

---



- CSN5 Calls, 4<sup>th</sup> edition
  - Open to all themes. No involvement by LNF
- CSN5 Grant for young researchers, also 4<sup>th</sup> edition
  - 6 Grants. Deadline July 21
- Next CSN5: Trieste, July 25-27
  - DB Assegnazioni open for release of SJ and new requests
- LTL-2016 (LNF/Cosenza Test Laboratories), 3<sup>rd</sup> edition
  - School for PhD students; @LNF Oct 17-21
  - LTL-2014 @LNF, LTL-2015 @Cs

# Continuing R&D projects

---



<b>Name</b>	<b>R&amp;D Area</b>	<b>Nat. Resp (or <i>Loc</i>)</b>	<b>FTE</b>
SL-COMB	Accelerat	E. Chiadroni	7.9
SL-EXIN	Accelerat	G. Di Pirro( <i>L</i> )	3.6
DEMETRA	Accelerat	C. Marcelli( <i>L</i> )	2.5
NEW-REFLECTIONS	Interdiscipl	S. Dell' Agnello	3.7
ETHICS	Interdiscipl	R. Amendola( <i>L</i> )	2.2
ARDESIA	Detec/Elec	A. Balerna( <i>L</i> )	1.8
E-LIBANS	Detec/Elec	R. Bedogni( <i>L</i> )	1.9
VOXES	Detec/Elec	A. Scordo	2.0
MPGD-Next	Detec/Elec	G. Bencivenni( <i>L</i> )	2.0
CYGNUS-RD	Detec/Elec	Mazzitelli(+Baracchini)	0.6(+1)

# SL\_COMB

Coord. Naz.: E. Chiadroni (LNF)

## Sezioni proponenti:

LNF (Resp. Loc.: E. Chiadroni), Roma1 (Resp. Loc.: A. Mostacci), Roma2  
(Resp. Loc.: A. Cianchi)

Lecce (Resp. Loc.: A. Lorusso)

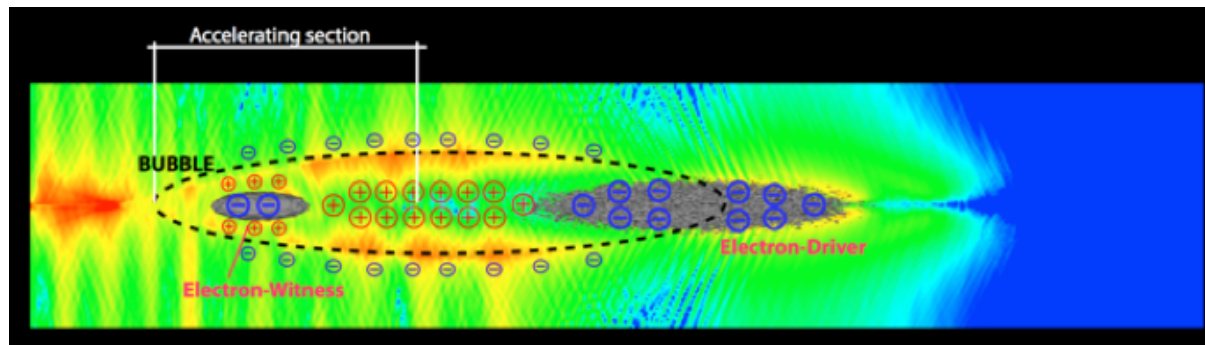
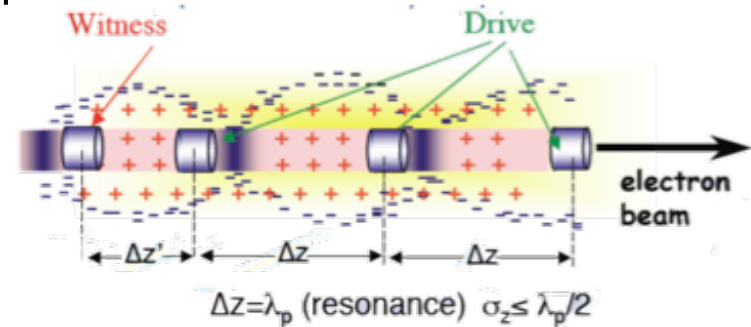
Milano (Resp. Loc.: L. Serafini)

Napoli (Resp. Loc.: R. Fedele)

# The Experiment

The experiment called SL\_COMB aims at the acceleration of high brightness electron beams by resonant plasma wakefields

- A train of driver bunches, separated by a plasma wavelength ( $\sim$ ps time scale), resonantly excite a plasma wake, which accelerates a trailing witness bunch injected at the accelerating phase



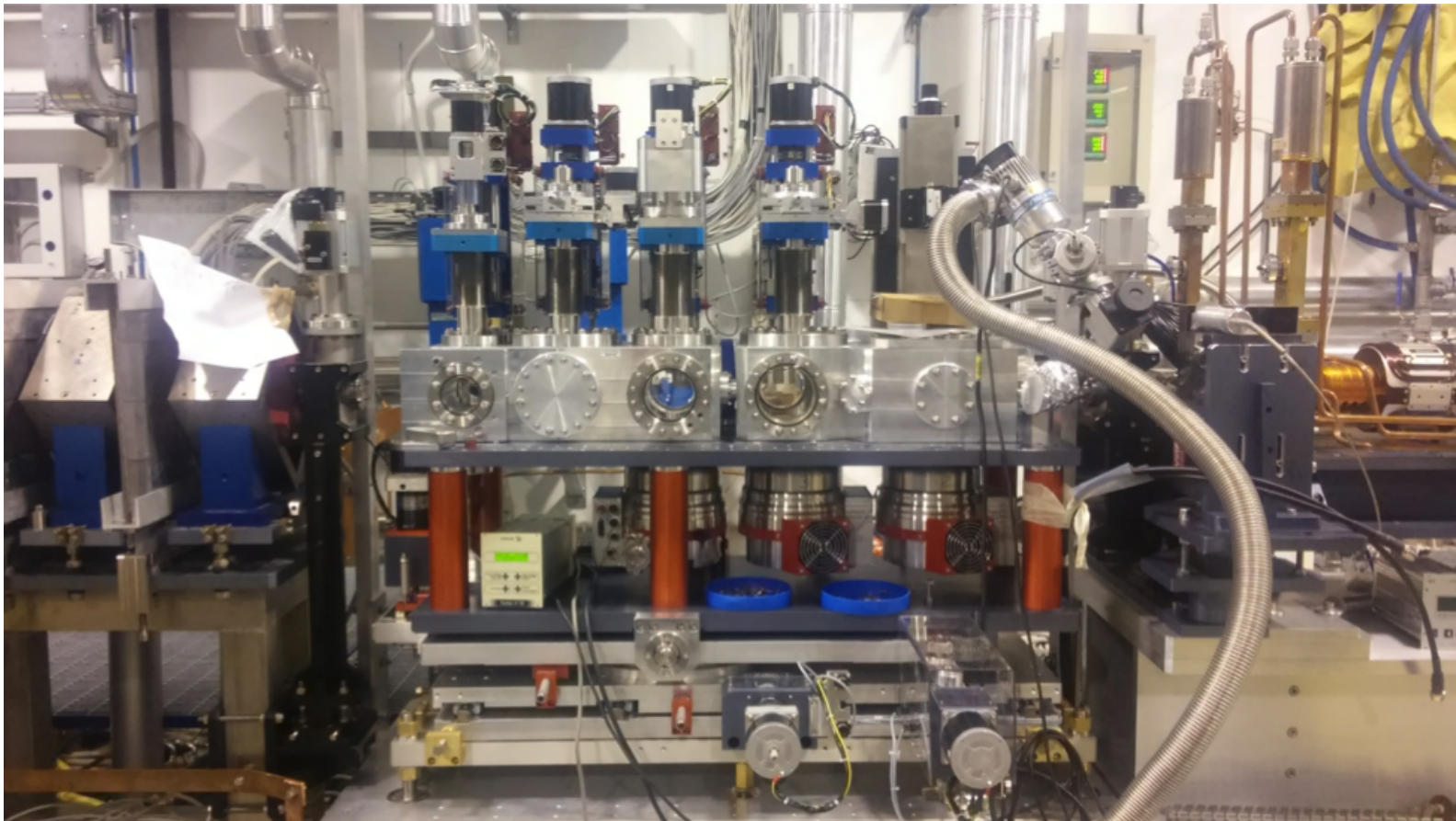
- A train of high brightness bunches with THz repetition rate, so-called comb beam, is properly generated at the photo-cathode, and manipulated through the velocity bunching technique, in order to be injected in a H<sub>2</sub>-filled plasma discharge capillary

# Milestone Achieved in 2016

- 31-03-2016
  - Commissioning of the COMB chamber installed on the SPARC main line
- 31-03-2016: working point with 1 driver and 1 witness
  - Beam dynamics simulation studies from the gun, transport and matching to the plasma
  - interaction with the plasma and first beam focusing observation
  - Successful operation at 1 Hz
- 30-04-2016
  - Full setup of the plasma diagnostics based on Stark effect to measure the plasma density
- 31-05-2016
  - Full transport of the beam charge through the 1 mm capillary diameter

## COMB interaction chamber installed and fully equipped with diagnostics

- EOS (Electro-Optic Sampling) camera installed → transverse diagnostics @chamber entrance
- OTR (Optical Transition Radiation) target below the capillary → transverse diagnostics at the plasma entrance with micrometer scale resolution

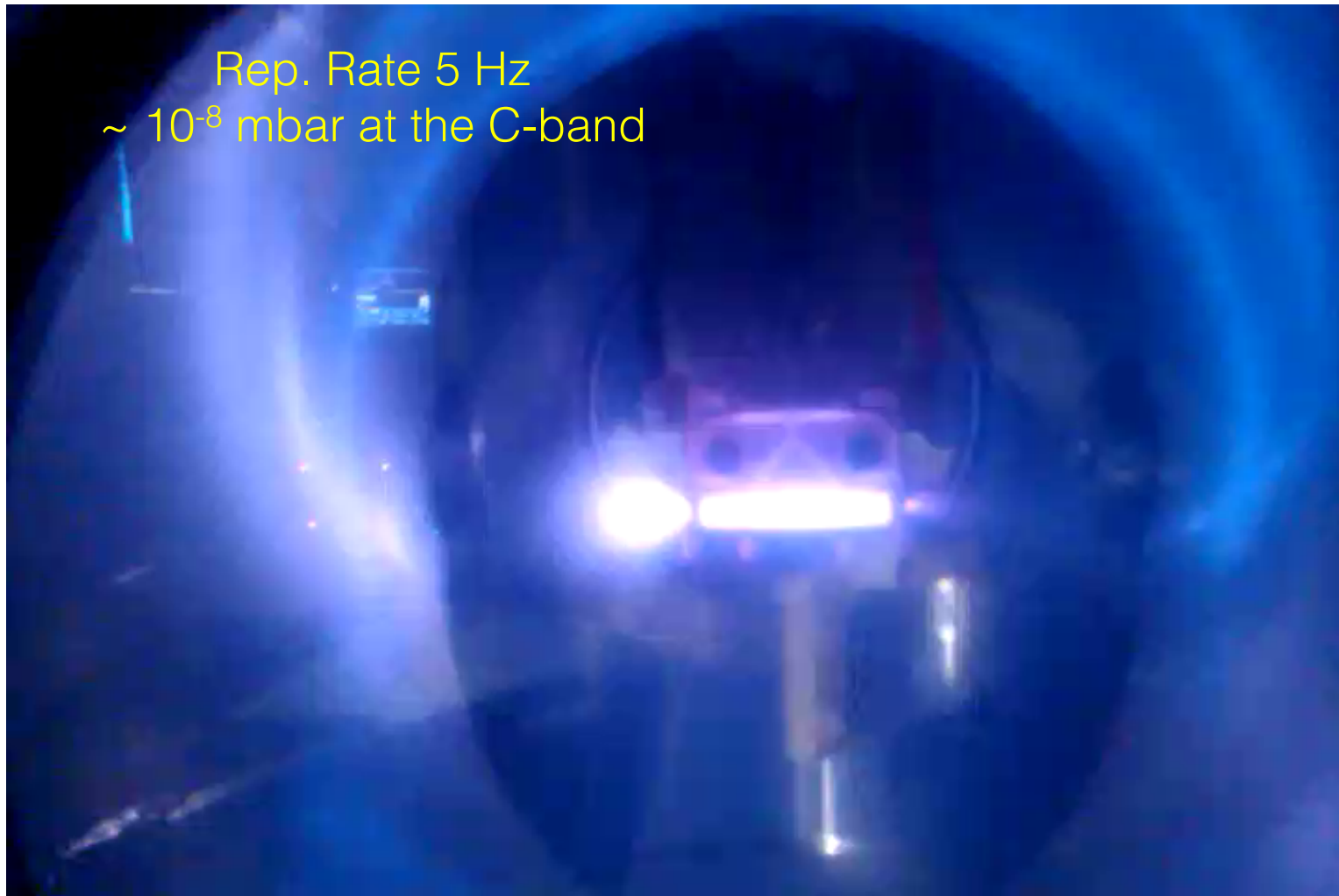


- Preliminary alignment of capillary, PMQs and plasma OTR with a laser through the linac



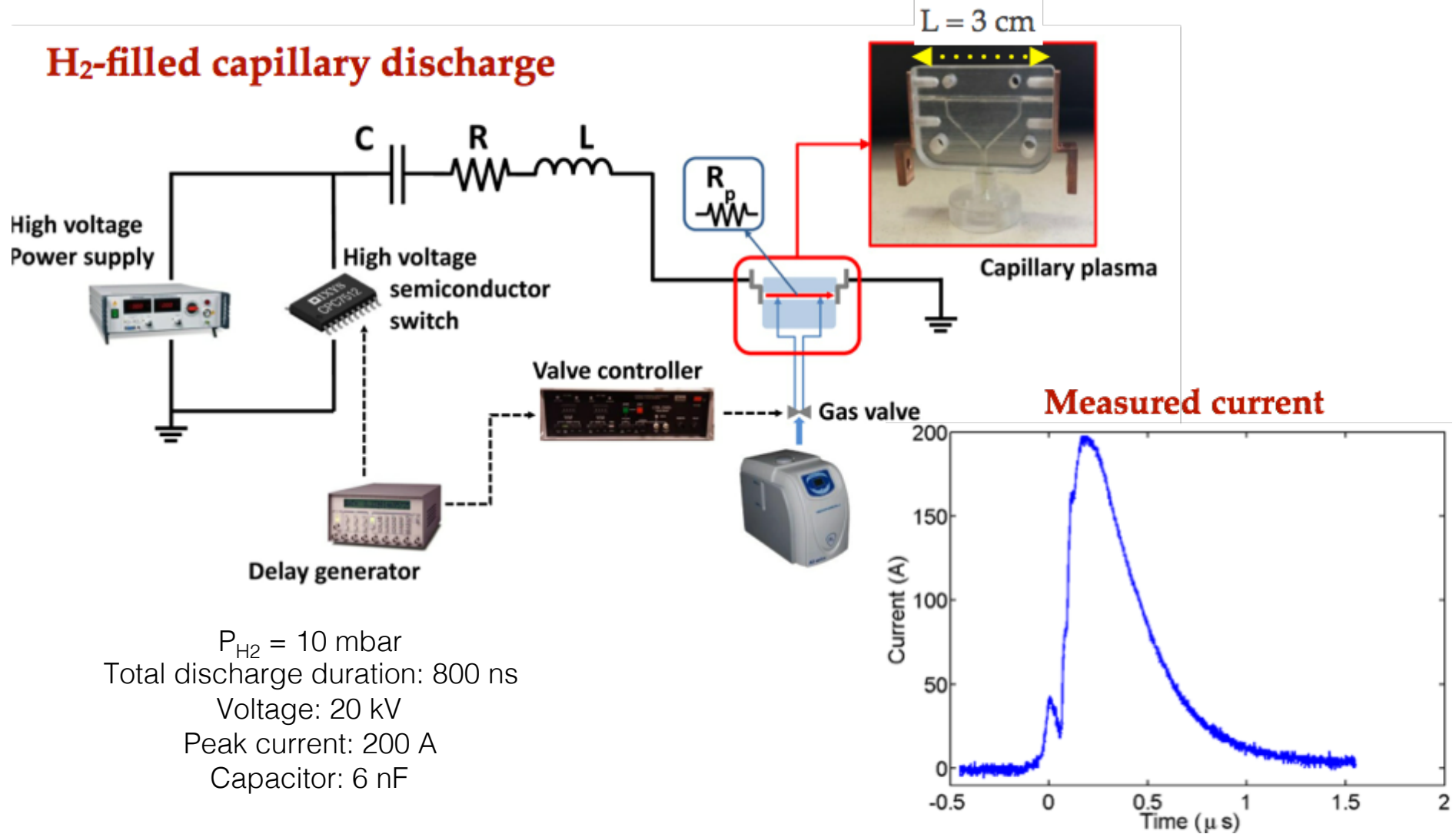


- Plasma discharge circuit tested online
- Vacuum tests with discharge done @ 1-5-10 Hz



# Plasma Source

## H<sub>2</sub>-filled capillary discharge



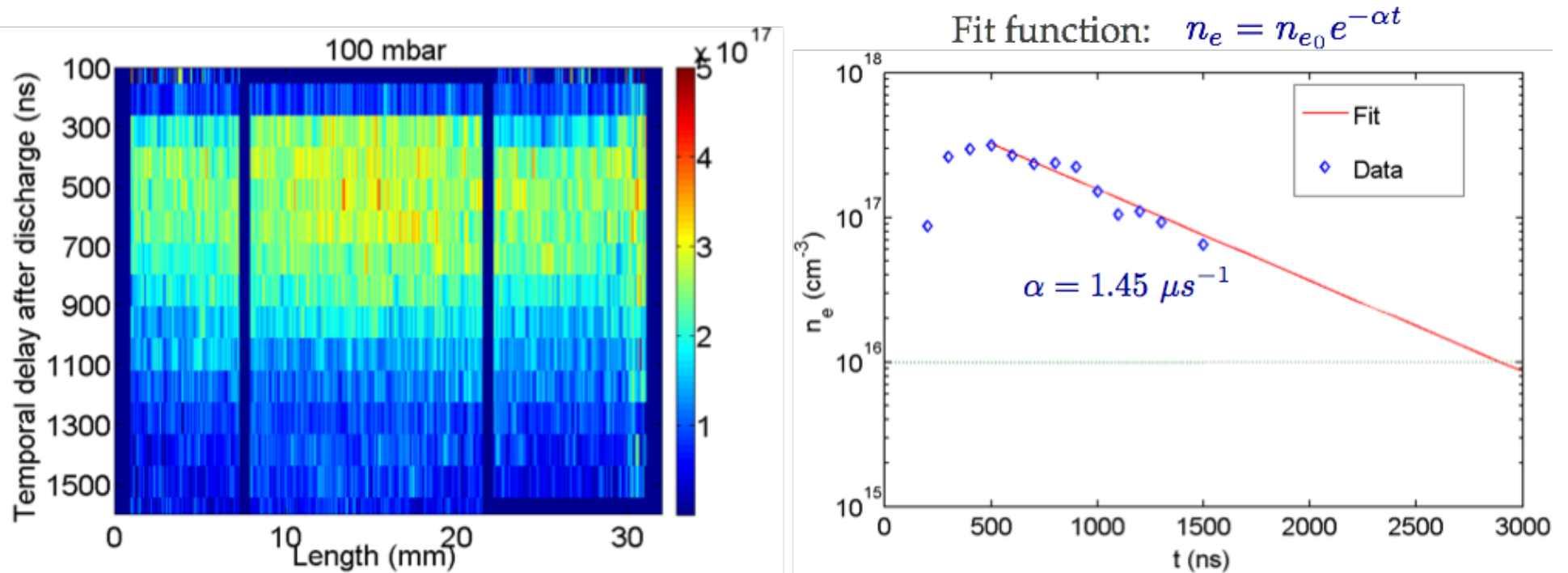
$P_{H_2} = 10$  mbar  
Total discharge duration: 800 ns  
Voltage: 20 kV  
Peak current: 200 A  
Capacitor: 6 nF

Courtesy of M. P. Anania, A. Biagioni, D. Di Giovenale, F. Filippi, S. Pella

# Plasma Characterization

## Plasma density measurement from $H_\alpha$ Stark broadening

The plasma density is controlled through the delay after the discharge



Courtesy of M. P. Anania, A. Biagioni, F. Filippi, A. Ziegler

## Anagrafica LNF (to be confirmed)

### Ricercatori

- E. Chiadroni (Ric. 30%)
- M. P. Anania (Ric. TD 20%, Eurofel)
- M. Croia (Dott. 100%)
- M. Ferrario (Dir. Ric. 40%)
- C. Gatti (Ric. 20%)
- F. Ciocci (I Ric. Ass. 20% ENEA)
- R. Pompili (Ass. 50%, FIRB)
- S. Romeo (Dott. 100%)
- F. Villa (Ric. TD 50%, Eurofel)
- J. Scifo (Ass. Ric. 100%, Eurofel)
- V. Shpakov (Ass. 100%, Eurofel)

FTE 5.9

### Richieste FTE ai Servizi

- Linac 0.2
- Magneti 0.2
- RF 0.2
- Vuoto 0.5
- Meccanica 0.5

### Tecnologi

- D. Alesini (I Tecn. 10%)
- M. Bellaveglia (Tecn. TD, 40% Overhead)
- A. Biagioni (Tecn. TD, 40%, ANAC2)
- S. Bini 30% (Eurofel)
- M. Del Franco ???
- D. Di Giovenale (Tecn. TD, 25% Eurofel)
- A. Gallo (Dir. Tecn., 20%)
- A. Ghigo (Dir. Tecn., 10%)
- C. Vaccarezza (I Tecn., 30%)

FTE 2.05

# SL-EXIN (RL: G. Di Pirro) – 3.6 FTE

Ricercatori						
	Nome	Età	Contratto	Qualifica	Aff.	%
1	Anania Maria Pia		Dipendente	Ricercatore	CSN V	20
2	Ferrario Massimo		Dipendente	Dirigente di Ricerca	CSN V	10
3	Gatti Giancarlo		Dipendente	Ricercatore	CSN V	0
4	Ronsivalle Concetta				CSN V	30
5	Shpakov Vladimir		Dipendente	Ricercatore	CSN V	50
6	Villa Fabio		Dipendente	Ricercatore	CSN V	30
<b>Numero Totale Ricercatori</b>					6	FTE: 1.4

Tecnologi						
	Nome	Età	Contratto	Qualifica	Aff.	%
1	Bellaveglia Marco		Dipendente	Tecnologo	CSN V	40
2	Bini Simone		Dipendente	Tecnologo	CSN V	20
3	Dattoli Giuseppe				CSN V	10
4	Del Franco Mario		Dipendente	Tecnologo	CSN V	20
5	DI Giovenale Domenico		Dipendente	Tecnologo	CSN V	25
6	DI Pirro Giampiero		Dipendente	Primo Tecnologo	CSN V	50
7	Gallo Alessandro		Dipendente	Dirigente Tecnologo	CSN V	20
8	Ghigo Andrea		Dipendente	Dirigente Tecnologo	CSN V	10
9	Vaccarezza Cristina		Dipendente	Primo Tecnologo	CSN V	20
<b>Numero Totale Tecnologi</b>					9	FTE: 2.2



# DEMETRA (2<sup>nd</sup> year/3)

## DiElectric and METAllic Radiofrequency Accelerator

G. Sorbello (LNS)

Coordinatore Nazionale

LNS + LNF - UniROMA1 - Sez.Torino

R&D innovations:

**Metallic RF Linear Accelerator (WP1)**

**Dielectric Laser Linear Accelerator (WP2).** Linear accelerators are better because of the lack of synchrotron radiation emission and the **improved emittance and luminosity**. Moreover, for future linear accelerators **high gradients** and **compact accelerating structures** are necessary.

An efficient acceleration to **reduce power consumption** is also mandatory.

# LNF - Demetra (in progress 2016)

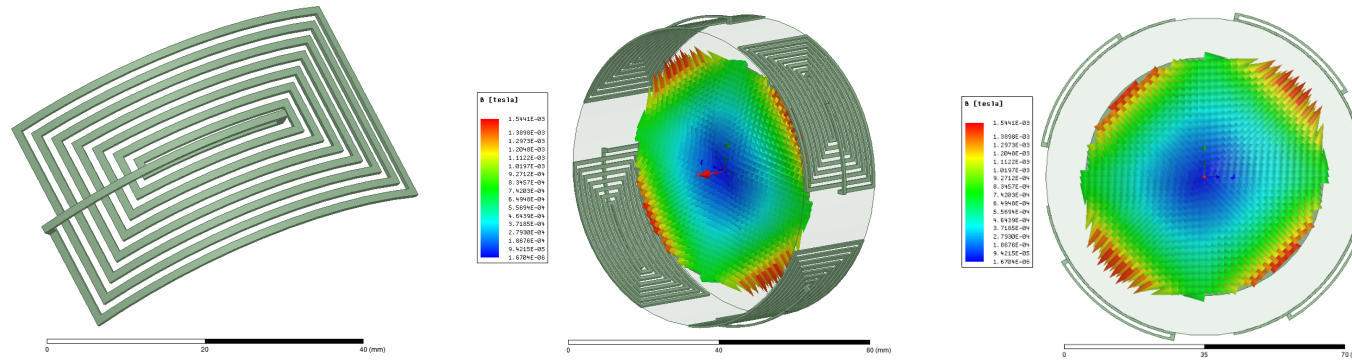
- Studio e.m. di strutture di tre celle ad elevato gradiente accelerante in geometria “open structure”.
- Studio di un quadrupolo stampato compatto per upgrade di SPARC-LAB
- Sviluppo di nuovi coating per aumentare la resistenza al breakdown e diminuire la dark current

# Proposed layouts (section) for an open structure cavity (work in progress)



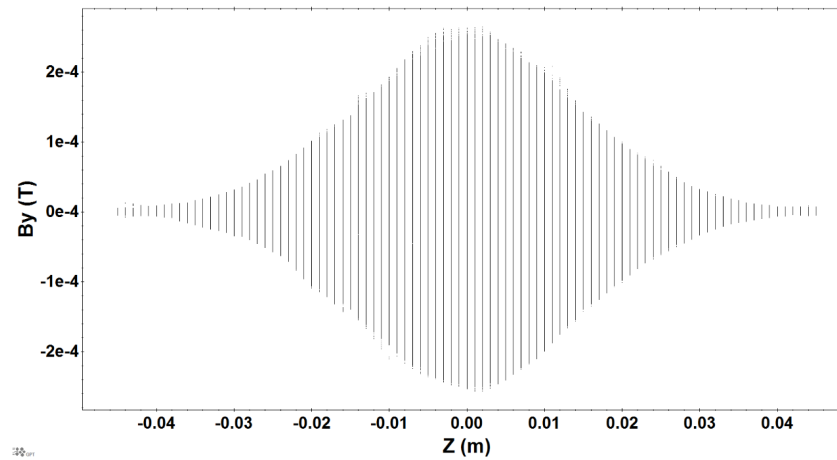


# PRINTED CIRCUIT QUADRUPOLES



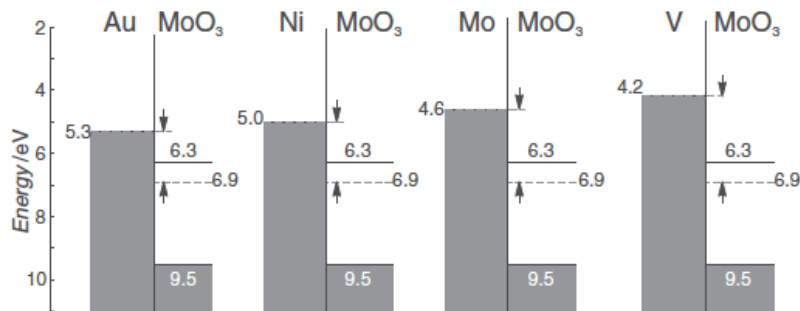
Section:  $1\text{mm}^2$

Gradient:  $2.1 \times 10^{-2}$  @ 10 A



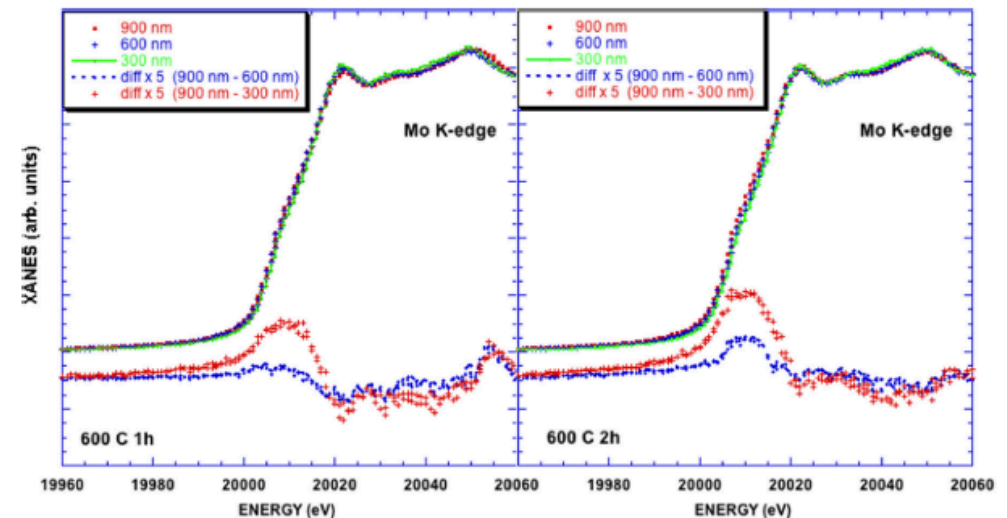
# New coating materials & methods

An extensive and accurate characterization of the conductivity and mechanical properties of coatings (Mo and Mo oxides) is on going to identify reliable procedures capable to growth stable and hard metallic films to reduce the dark current.



on the left the different WF of MoO<sub>3</sub> on TM's

XAS experiment on Mo growth on different substrates.



# DEMETRA

## FTE LNF

INFN/LNF

FTE : 2.0

G. Castorina

100%

Assegno di Ricerca LNF

G. Della Ventura

40 %

Associato LNF

A. Marcelli

30 %

LNF Primo ricercatore

B. Spataro

30 %

Associato LNF

## FTE collaborazione

INFN/LNS

FTE ~ 2

INFN/Sez. Univ. Sapienza

FTE ~ 1

INFN/Sez. Torino

FTE ~ 1

# NEW-REFLECTIONS

IN THE SOLAR SYSTEM

*CSN5 Interdisciplinary Experiment (2016-2018)*

INFN-LNF

S. Dell'Agnello (RN) for the SCF\_Lab

INFN-Napoli

G. Esposito (RL), E. Battista, A. Grado

INFN-TIFPA

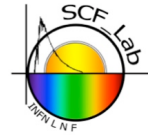
W. Burger (RL), R. Battiston (0%), A. Cafagna, M. Durante, I. Lazzizzera, E. Scifoni,  
P. Spinnato

*Preventivi INFN-CSN5 2017*



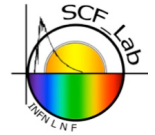
# R&D innovations

---

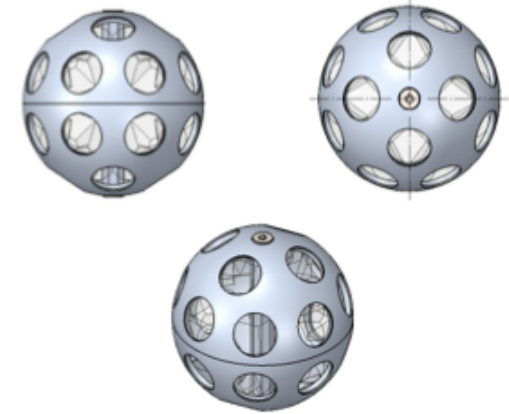


- ① Laser Retroreflectors for Asteroids & Comets
  - *H2020, ESA, ASI, NASA missions*
  - *Laser redirection/deviation of asteroids/debris – INFN-TIFPA*
- ② Laser retroreflectors for Phobos & Deimos
  - *Test General Relativity*
- ③ Lagrangian-point Laser-ranging Gravity Explorer
  - *Earth-Moon system, collaboration with INFN-Napoli*
- ④ Laser reflectors for mission E-GRASP (European Geodetic Reference Antenna in SPace)
  - *Proposed to Earth Explorer 9 Call by ESA – Copernicus*

# Microreflectors for Asteroids and Comets



- COSPHERA to be dropped on asteroid (watching for escape velocity). Asteroid impact, redirect
- AIM(ESA)-DART(NASA) 2020 mission to the Didymos double asteroid (1-2 AU)

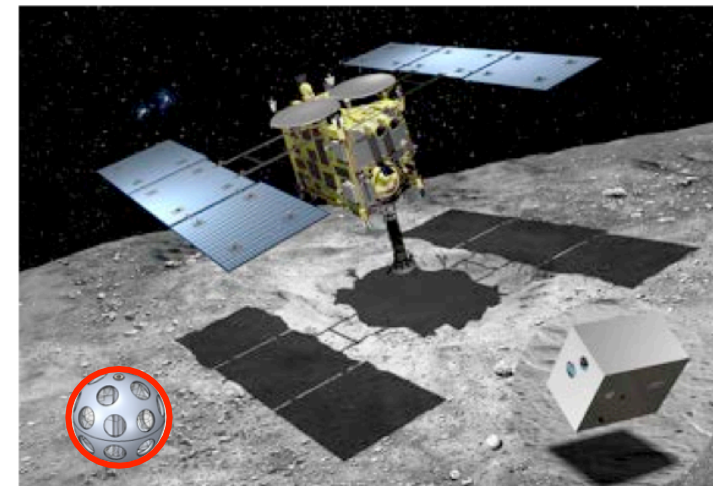


## COSPHERA

(COMet/asteroid SPHERE micro-Reflector Array): very small/light, omnidirectional

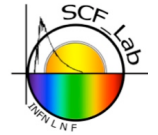
**ExoMars Italian microreflectors**

**~ 5 cm diameter, < 100 gr**



COSPHERA  
not to scale

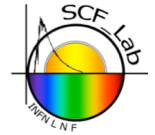
# COSPHERA on (the next) Comet?



Laser microreflectors can be also dropped on Comets, to support missions like ESA's Rosetta, helping Comets' tracking and movement of Rovers/Landers (as Philae could have needed)

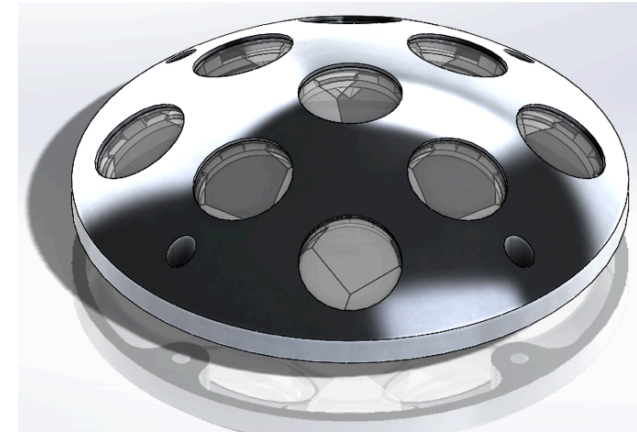


## (2) Phobos/Deimos surface reflectors



- PANDORA: Phobos ANd DeimOs laser Retroreflector Array

- Reconstruct Mars center of mass to improve test of General Relativity up to factor x100



- GR test improvements with an MGN in the long term:
  - PPN gamma (Sun-Mars); try also beta (Sun-Mars-Jupiter)
    - Shapiro time delay with Viking landers in the 1970s
  - $\dot{G}/G$ ,  $1/r^2$  law at 1.5 AU
  - SW: PEP (Planetary Ephemeris Program) by Shapiro, Chandler





Ricercatori					
Nome	Età	Contratto	Qualifica	Aff.	%
Bellettini Giovanni		Associato	Prof. Straordinario	CSN II	20
Ciocci Emanuele		Dipendente	Assegno di Ricerca	CSN II	30
Filomena Luciana		Associato	Dottorando	CSN V	80
Malello Mauro		Associato	Docente	CSN II	20
Martini Manuele		Dipendente	Assegno di Ricerca	CSN II	30
Porcelli Luca		Dipendente	Ricercatore	CSN II	20
Tauraso Roberto		Associato	Ricercatore	CSN II	20
Vittori Roberto		Associato	Dirigente di Ricerca	CSN II	10
<b>Numero Totale Ricercatori</b>				8	FTE: 2.3

## NEW-REFLECTIONS

FTE = 3.7

Tecnologi					
Nome	Età	Contratto	Qualifica	Aff.	%
Bianco Giuseppe		Associato	Dirigente Tecnologo	CSN II	20
Contessa Stefania		Dipendente	Assegno di Ricerca	CSN II	30
Dell'Agnello Simone		Dipendente	Dirigente Tecnologo	CSN II	30
Delle Monache Giovanni Ottavio		Dipendente	Tecnologo	CSN II	30
Drago Alessandro		Dipendente	Primo Tecnologo	CSN V	20
Spataro Bruno		Associato	Ass.Senior	CSN V	10
<b>Numero Totale Tecnologi</b>				6	FTE: 1.4

## Preliminary SCF\_Lab requests (m.u.) for NEW-REFLECTIONS (3.7 FTE) & MoonLIGHT-2/CSN2 (8.7 FTE)

Divisione Tecnica Spcm	6.00
Elettronica	5.00
Impianti Elettrici	1.00
Servizio Criogenia	2.00
Servizio Dt Impianti Fluido	1.00
Servizio Laser	1.00



# ARDESIA

ARRAY of DETECTORS for SYNCHROTRON RADIATION APPLICATIONS

***Goal:*** Development of a modular detector based on arrays of Silicon Drift Detectors (SDD, low-noise, high resolution and count rates) for X-ray synchrotron radiation applications.

### The ARDESIA collaboration

- Politecnico and INFN-Milano, Italy
- INFN-LNF, Frascati, Italy
- Fondazione Bruno Kessler - FBK, Trento, Italy

Project funded by INFN CSN5 (2015-2017)

<http://ardesia.lnf.infn.it/index.php/en/>

- **INFN-Milano (Carlo Fiorini, Resp.Naz.)**

**Ruoli e compiti:** modulo di rivelazione, elettronica integrata, sviluppo del DAQ, supporto alla sperimentazione nelle applicazioni, misure di spettroscopia e supervisione del disegno e della produzione di matrici di rivelatori Silicon Drift Detectors.

- **INFN-LNF (Antonella Balerna, Resp. Locale).**

Questa unità comprende : DAFNE-Luce

**Ruoli e compiti:** contributo alla realizzazione del rivelatore parte vuoto e maschere, sperimentazione rivelatori per spettroscopia X (bassa temperatura, stabilità linearità, bassa radioattività, ecc.), installazione di moduli di rivelazione presso le linee di luce di sincrotrone DXR1 (LNF) e LISA (ESRF) e conduzione di esperimenti di caratterizzazione.

- **INFN-TIPFA (Claudio Piemonte, Resp. Locale)**

**Ruoli e compiti:** produzione delle matrici di rivelatori Silicon Drift Detectors presso FBK a Trento.



# ARDESIA

ARRAY of DETECTORS for SYNCHROTRON RADIATION APPLICATIONS

## 2015

- design and production of SDD arrays and readout electronics
- development of the first basic detection module (4 channels)

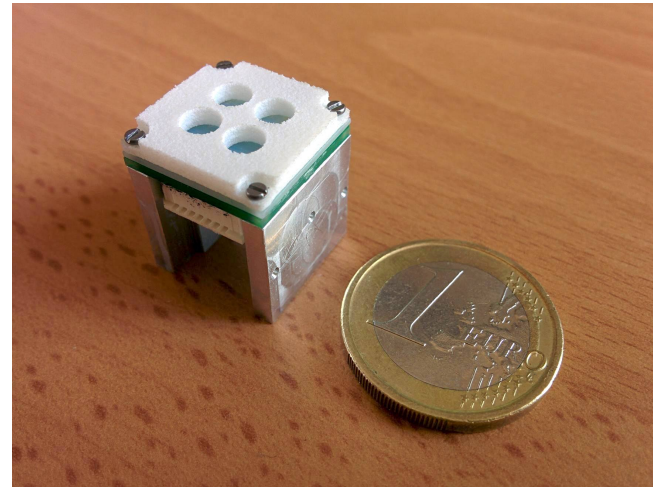
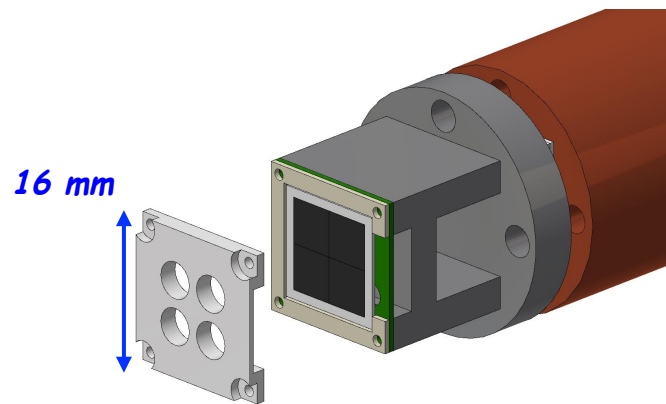
## 2016

- realization of the mechanical and vacuum parts of the 4 channels detector (started)
- electronic tests of the first 4 channels SDD detection modules (on going)
- revision of the basic detection module and its components (on going)
- test with conventional sources (on going) and with synchrotron light at LNF

## 2017

- experiments with the different detector solutions
- new production of SDDs (with thicker silicon - 1mm)
- development of detectors based on more modules

# ARDESIA Single detection module (4 channels)

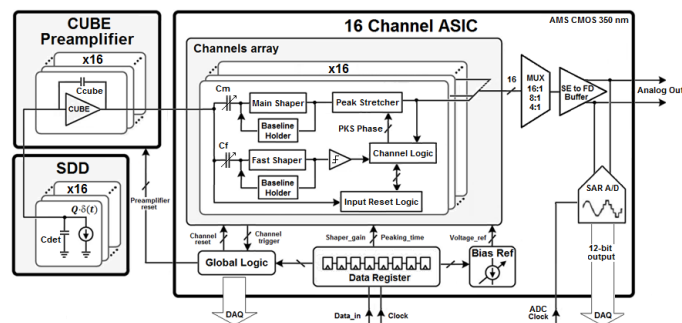


Mounting and bonding tests

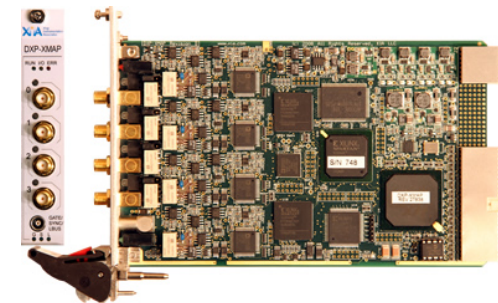
SDD 2x2 (thickness = 0.45 mm) FBK production received beginning 2016

## Readout electronics: analog and digital

- **ARDESIA** will provide an analog solution as baseline - **4 channel ASIC** - tests on going
- It will be also fully compatible and tested using 4 channel **Digital Pulse Processors** - tests on going
- DAQ compatible with synchrotron beamlines experimental setup

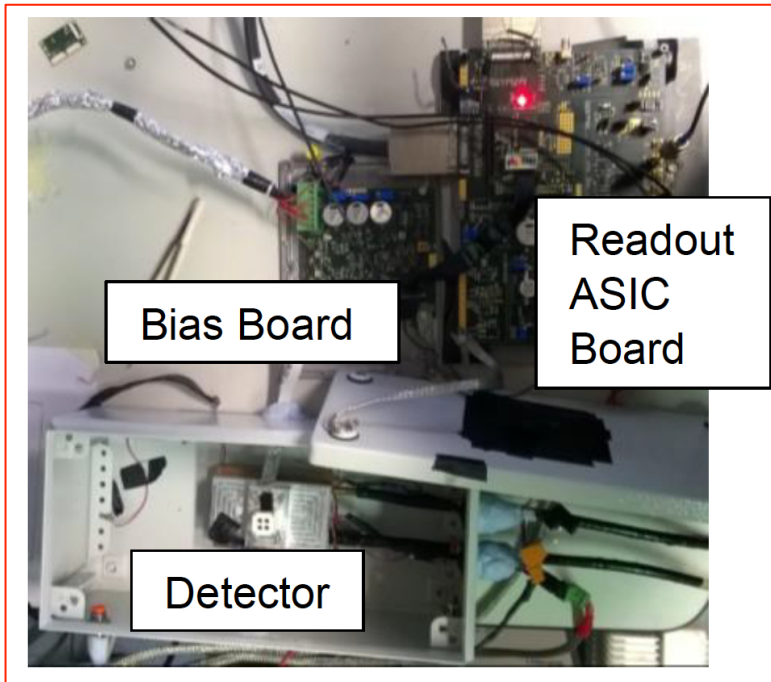


**SFERA** (Silicon-Drift-Detectors **F**ront-**E**nd **R**eadout **A**ASIC)



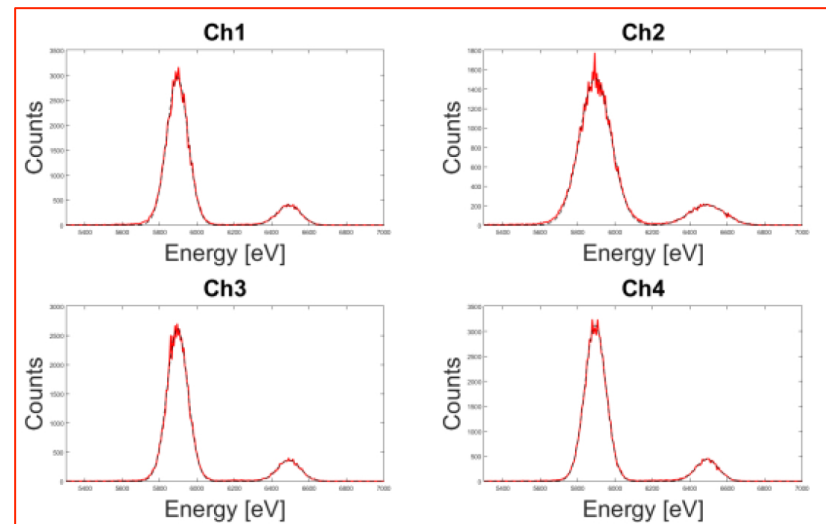
**Digital Pulse Processors**  
XIA- XMAP 4-Channel DXP with Mapping Features in Extended Compact PCI (PXI) Format

# Very preliminary tests



*Experimental setup for the characterization of one of the ARDESIA 4 channel SDD.*

*Test of one of the first ARDESIA modules. An energy resolution on the best channel of 128.3 eV FWHM (at 3  $\mu$ s peaking time, -10  $^{\circ}$ C) has been measured. A complete characterization of the detection module also at high count rates, with both analog and digital signal processing is on going.*



## ***Partecipazione LNF nel 2017***

A. Balerna (Primo Ricercatore)	0.8FTE
S. Mobilio (PO)	0.9FTE
C. Vaccarezza (Primo Tecnologo)	0.1 FTE
<b>Totale</b>	<b>1.8 FTE</b>

***Richiesto il supporto del Servizio Luce Di Sincrotrone coinvolto nel progetto ARDESIA- rivelatore per applicazioni linea DXR1-Soft X DAFNE-L.***

## ***Richiesta fondi 2017 parte LNF***

***Missioni - 4 kEuro (misure test ARDESIA a ESRF)***

***Consumo - in attesa di offerta per cassa per il trasporto sicuro del rivelatore***

***Inventario - in attesa di offerte per MOXA per rendere il sistema autonomo per misure presso altri laboratori e di piccola pompa scroll per vuoto***

# e\_LiBANS

## e\_Linac Based **Actively-monitored** Neutron Sources 2016-2018

### Acceleratore Elekta SL 24 MV



In collaborazione con  
DF-UNITO e ELEKTA spa

### ANNO 2017

Torino ( $\approx$  4 FTE) Resp. Naz. M. Costa

Milano ( $\approx$  2 FTE) Resp. Loc. A. Pola

Trieste ( $\approx$  1 FTE) Resp. Loc. G. Giannini

### LNF 1.9 FTE)

R. Bedogni (R. Loc.) 0.4 FTE

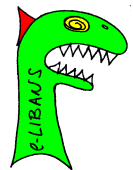
J.M. Gomez-Ros (Ass.) 0.5 FTE

C. Domingo (Ass.) 0.5 FTE

D. Sacco (Ass.) 0.5 FTE

M. Treccani (Ospite)

A. Sperduti (laureando)







CL Preventivi 2017  
4 Luglio 2016

## Premesse

Il Dipartimento di Fisica Univ. di Torino mette a disposizione un bunker + sala controllo per ospitare un Elekta SL 24 MV (e-linac ospedaliero *usato e ricondizionato*)

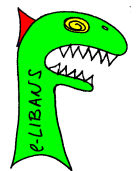
## Obiettivi

- **Progettare, realizzare** DUE convertitori ( $\gamma, n$ ) - moderatori che, accoppiati alla testata del e-Linac, permettano di ottenere campi intensi ( $> 10^7 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) di neutroni **termici** (convertitore termico) ed **epitermici** (convertitore EPI-termico).
- **Sviluppare e caratterizzare** diagnostiche attive di neutroni termici ed epitermici per equipaggiare i convertitori.
- **Eeguire la caratterizzazione metrologica** dei campi prodotti, in spettro e quantità radiometriche / dosimetriche, per poter offrire condizioni di test-beam molto ben conosciute.

Sfruttare facilities di calibrazione esistenti presso la collaborazione (HOTNES @ LNF/ENEA, ESTHER @ PoliMi,)

## Users potenziali

Settori industriale, aerospazio, bio-medico, beni culturali



E\_LIBANS



CL Preventivi 2017  
4 Luglio 2016

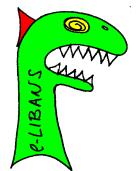
## Attività

### 2016 – Anno in corso

- Progetto e realizzazione della testata termica
- e-LINAC montato entro Giugno (ditta Elekta)
- Disegno e prototipo del rivelatore termico (solid-state & vented ion chambers) e relativa elettronica

### 2017

- Realizzazione del sistema di diagnostiche neutroniche termiche “permanenti”
- Accoppiamento alla testata del LINAC
- Caratterizzazione metrologica completa
- Progetto della testata epi-termica
- Disegno e prototipo della diagnostica epitermica
- Acquisto del materiale per la testata epi-termica



E\_LIBANS



CL Preventivi 2017  
4 Luglio 2016

## Richieste LNF 2017

### Economiche

14 k€

### Missioni

7 k€

4.0	k€	Test beam a Torino
2.0	k€	Calibrazione diagnostiche epitermiche in installazioni di metrologia primaria
1.0	k€	presentazione risultati a NEUDOS13

### Trasporto strumentazione per beam test

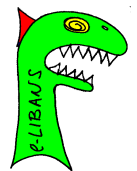
2 k€

### Consumo

5 k€

### SERVIZI LNF (one-year basis)

1	MU reparto meccanica
1.5	MU Reparto Progettazione



E\_LIBANS



# VOXES: a new high resolution X-ray spectrometer for low yield measurements in high background environments

A. Scordo, Grant for Young Researchers 2016-2017

Integrate :

(1) focusing properties of the von Hamos scheme with the

(2) high efficiency and resolution of HAPG (High Annealed Pyrolytic Graphite) mosaic crystals and

(3) use triggerable detectors to dramatically reduce background in a new detector system capable to perform

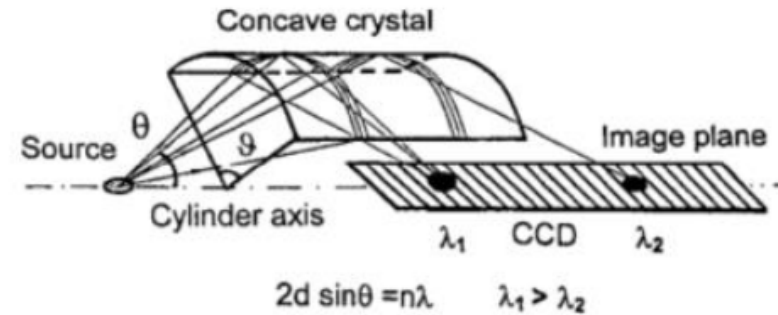


# The VOXES project



HAPG optics in Von Hamos geometry allows:

- To reach energy resolution at the level of eV in a broad X rays energy range (2 – 20 keV)
- To get efficiencies  $\sim \times 10^2$  than for any other crystal in the flat geometry
- To develop a compact spectrometer, with moderate cost, which could be easily moved and installed at a new place



The von-Hamos focusing geometry gives **high collection efficiency**:

$$e_{vH}/e_{flat} \sim R\theta/a$$

radius of curvature    angular aperture    source size

Source size can be increased playing with the R of the crystal allowing high efficiency for larger sources

# Project activities description



Construction of an X-ray spectrometer of 3 VH spectrometer units, each optimised for a specific energy range,  $E_1 < E < E_2$ . It will be realised in two phases:

## First phase:

- R&D on HAPG and optimisation
- Detailed Monte Carlo simulations
- Single VH unit design and construction
- System debug and characterisation in the laboratory, using targets activated by an X-ray tube

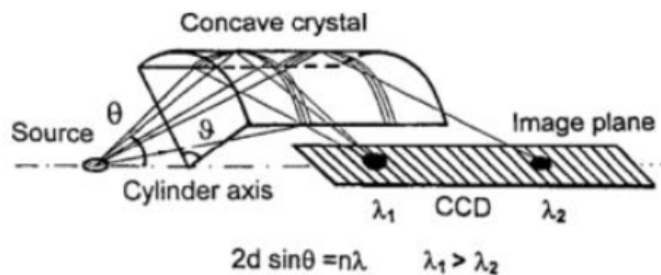
**AIM: optimize the acceptance (source size) and energy resolution**

## Second phase:

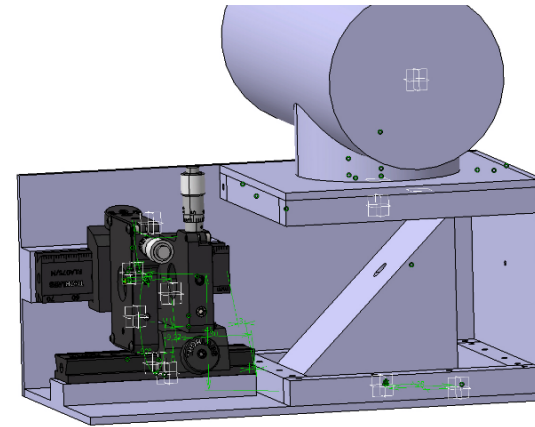
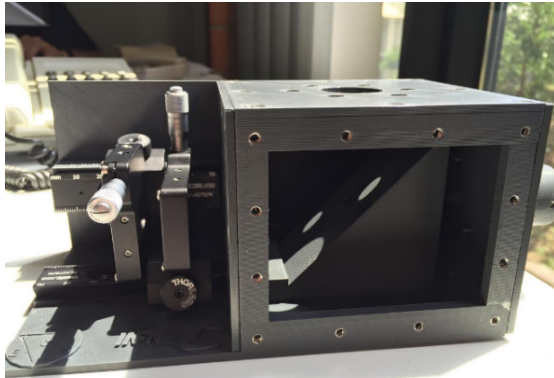
- Mcarlo simul. design, and construction of the final VOXES system prototype: 3 VH units
- Use of SDDs
- Final Slow Control & DAQ software
- Debug, test and calibration @ LNF
- Pionic helium measurement at PSI

**AIM: VOXES qualification by the measurement @ PSI with:**

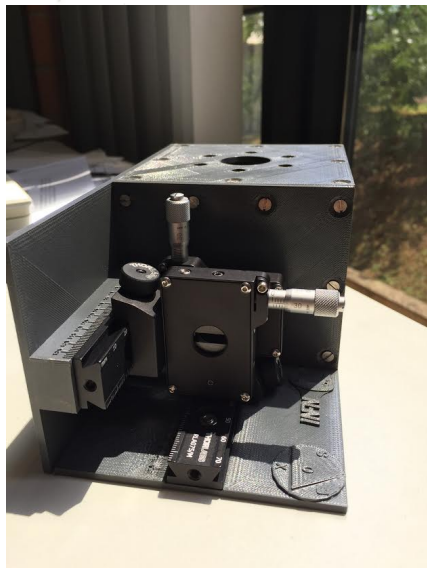
**FWHM < 5 eV**  
**efficiencies  $\sim x10^2$  than for previous measurements (VH, HAPG, SDD)**



# VOXES

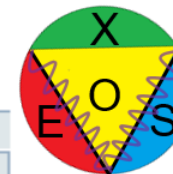


Primo apparato: box per X-Ray tube  
Disegnato dallo SPAS. Realizzato con stampante 3D LNF (SPCM)



Il progetto VOXES sarà svolto nel laboratorio VIP (ed. 24)

## VOXES: anagrafica e richieste ai servizi



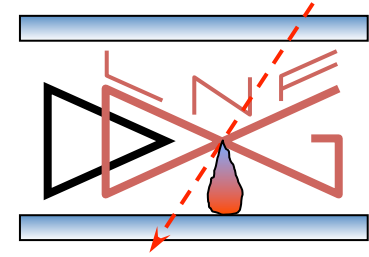
Ricerca						
Ricercatori						
	Nome	Età	Contratto	Qualifica	Aff.	%
1	<b>Millucci Marco</b>		Associato	Dottorando	CSN III	30
2	<b>Scordo Alessandro</b>		Associato	Assegnista		90
3	<b>Shi Hexi</b>		Associato	Borsista Post doct.	CSN III	30
4	<b>Sirghi Florin Catalin</b>		Associato	Assegnista		20
<b>Numero Totale Ricercatori</b>					4	FTE: 1.7

Tecnologia						
Tecnologi						
	Nome	Età	Contratto	Qualifica	Aff.	%
1	<b>Clozza Alberto</b>		Dipendente	Primo Tecnologo	CSN III	20
<b>Numero Totale Tecnologi</b>					1	FTE: 0.2

### RICHIESTE:

- Servizio Edilizia: 1 mese-uomo per realizzazione struttura di schermatura (con piombo già esistente) e da concordare con il servizio di radioprotezione
- Servizi di progettazione (SPCM/SPAS): 1 mese-uomo per realizzazione di supporti meccanici per il setup sia metallici che con stampante 3D
- Servizio di supporto esperimenti (SSE): 1 mese-uomo per progettazione e costruzione di prototipi per il setup
- Servizio di Elettronica (SEA): 1 mese-uomo per progettazione elettronica di readout per rivelatori





# MPGD\_NEXT: WP1 - R&D on $\mu$ -RWELL 2016 mid-term & 2017 program

Resp.Locale: G. Bencivenni

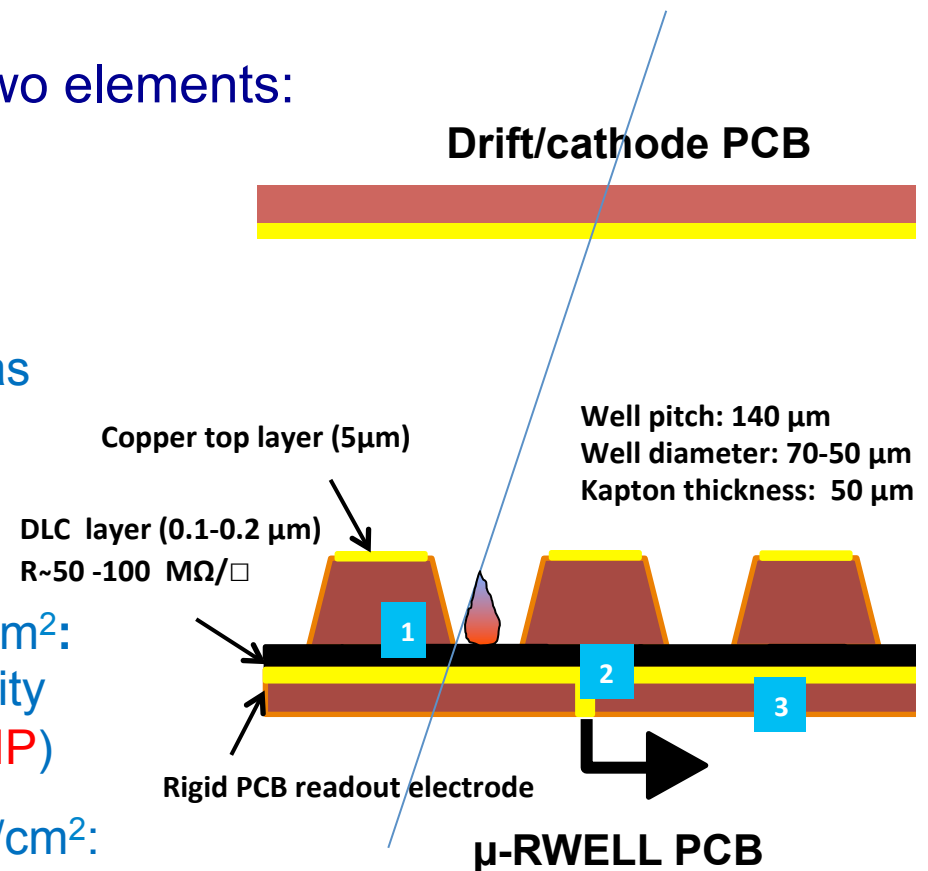


# The $\mu$ -RWELL architecture

The  $\mu$ -RWELL detector is composed by two elements:  
the **cathode** and the  **$\mu$ -RWELL\_PCB** .

The  **$\mu$ -RWELL\_PCB** is realized by **coupling**:

1. a “**suitable WELL patterned kapton foil** as “amplification stage”
2. a “**resistive stage**” for the discharge suppression & current evacuation
  - i. “**Low particle rate**” (LR)  $\ll 100$  kHz/cm<sup>2</sup>:  
single resistive layer  $\rightarrow$  surface resistivity  $\sim 100$  M $\Omega$ / (CMS-phase2 upgrade - SHIP)
  - ii. “**High particle rate**” (HR)  $\gg 100$  kHz/cm<sup>2</sup>:  
more sophisticated resistive scheme must be implemented (MPDG\_NEXT- LNF & LHCb-muon upgrade)
3. a **standard readout PCB**



G. Bencivenni et al., 2015\_JINST\_10\_P02008

## 2016 – mid-term

### IL PROGRAMMA PER IL 2016 STA PROCEDENDO NEI TEMPI PREVISTI:

- ✓ OTTIMIZZAZIONE DEL VALORE DI RESISTIVITA' DEL PIANO RESISTIVO E MESSA A PUNTO **TECNICA DI DEPOSIZIONE DLC** (ANCHE SU LARGE AREA): **COMPLETATO** (RISULTATI IN FASE DI PUBBLICAZIONE)
- ✓ OTTIMIZZAZIONE DELLA "**SEGMENTAZIONE DEL PIANO RESISTIVO (65-70 M $\Omega$ / $\square$ )**" PER VERSIONE DEL RIVELATORE AD ALTI RATE: **PROTOTIPI REALIZZATI E TEST IN CORSO** (TEST IN LAB COMPLETATI) → **Milestone:**

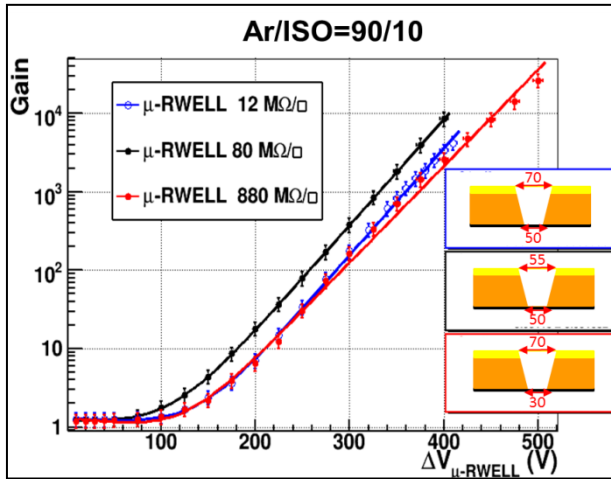
**«Small-size prototype of resistive segmented  $\mu$ -RWELL, built and qualified – 31.12.2016»**

- **TEST BEAM A FINE 2016** PER STUDI AD ALTA RATE CON MISURE DI RISOLUZIONE SPAZIALE E TEMPORALE (A LUGLIO CHIEDIAMO ALLA COMMISSIONE LO SBLOCCO DEI FONDI SJ DI MISSIONE - 4 K€ )

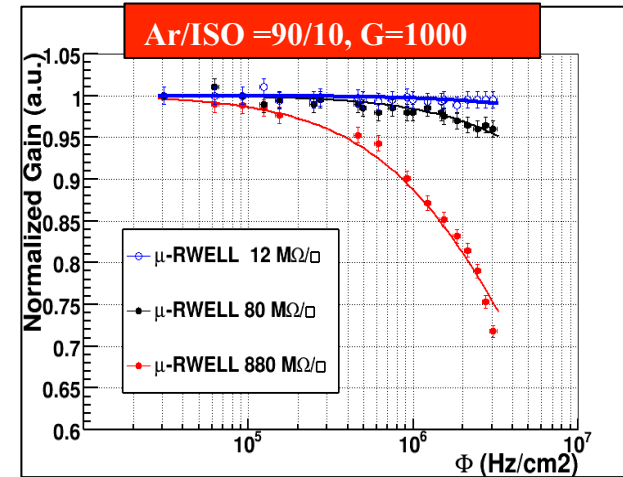
IN QUESTA **PRIMA FASE DEL 2016** (COME GIA' NEL SECONDO SEMESTRE DEL 2015) ABBIAMO **COLLABORATO CON IL POOL DI ELETTRONICA LNF (M.GATTA)** PER PROGETTAZIONE CIRCUITI DI READOUT DEL RIVELATORE .

PER IL **SECONDO SEMESTRE 2016** RICHiesto ALTRO TEMPO DI PROGETTAZIONE ELETTRONICA (M.GATTA) PER **DISEGNARE UN PCB A PAD MILLIMETRICA PER RIVELATORI DI ALTISSIMA RATE (>> MHZ/cm<sup>2</sup>).**

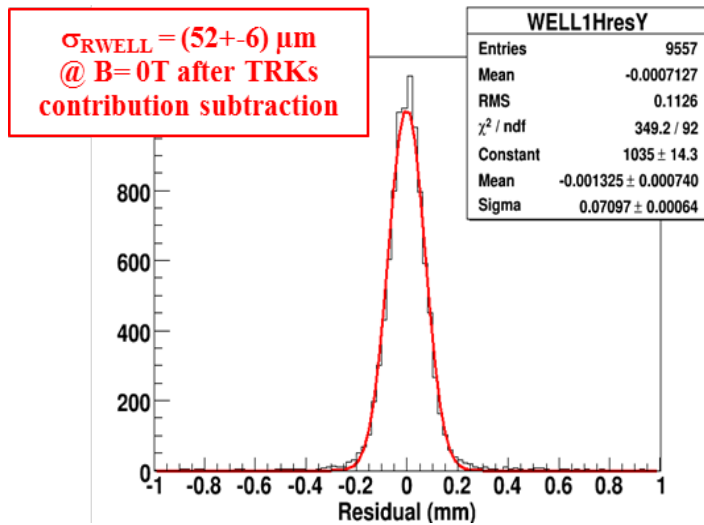
# The $\mu$ -RWELL performance



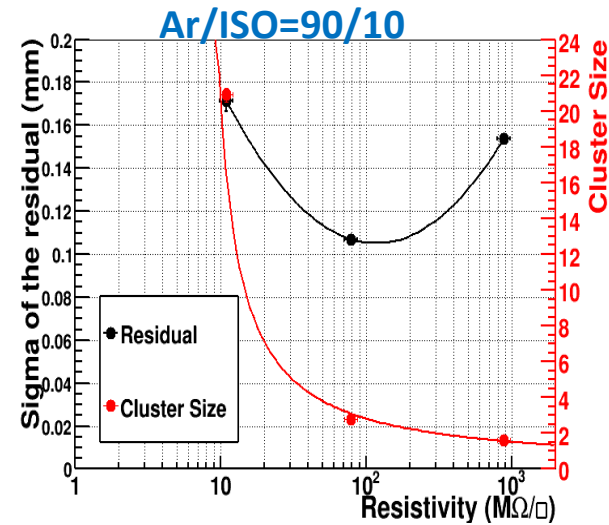
Gas gain  $\geq 10^4$



Rate capability up to  $10^7$  Hz/cm<sup>2</sup>



Space resolution  $\sim 50 \mu\text{m}$



Performance vs resistivity: minimum  $\sim 100$  M $\Omega/\square$

# 2017 - program

1.  $\mu$ -RWELL GEOMETRY OPTIMIZATION PER HIGH GAIN (n.2 PROTO SMALL SIZE 10X10cm<sup>2</sup>). → lab test + test beam
2. PAD READOUT STUDIES FOR HIGH RATE APPLICATIONS (n.2 protos small size 10x10 cm<sup>2</sup>) → lab test + test beam
3. AGING STUDIES (con X-ray in lab e possibilimente alla GIF++)

## **Milestone:**

**«Small-size proto with HIGH GAIN optimization, built and qualified – 31.12.2017»**

## **RICHIESTE FINANZIARIE:**

- |   |              |
|---|--------------|
| I. CONSUMI (N.3 PROTO + GAS) :              | <b>17 K€</b> |
| II. MISSIONI (TEST BEAM + GIF++ PER AGING): | <b>10 K€</b> |

## **RICHIESTE SUPPORTO LAB:**

- PROGETTAZIONE MECCANICA PROTOTIPI: **1 MU**
- PROGETTAZIONE CAD ELETTRONICO R/OUT PROTO **2 MU**
- REALIZZAZIONI OFFICINA MECCANICA (supp.mecc): **1 MU**

# ANAGRAFICA – 2017 (preliminare)

<b>nominativo</b>	<b>qualifica</b>	<b>MPGD-NEXT</b>
<b>bencivenni</b>	I-RIC - resp-. locale	<b>35</b>
<b>felici</b>	Dir Tecn	<b>10</b>
<b>domenici</b>	RIC	<b>10</b>
<b>poli lener</b>	Art 36	<b>35</b>
<b>morello</b>	ass. ricerca	<b>100</b>
<b>de lucia</b>	RIC	<b>10</b>
		<b>200</b>

# CYGNUS-RD



## development and characterization of a Negative Ion TPC with MPGDs readouts (charge/optical)

### INNOVATIONS:

- Negative Ion transport: a novel approach to the TPC detector
- NITPC coupled to a MPGD readout (charge/optical)
- SF<sub>6</sub> gas: an innovative, non-toxic, easier to handle electron capture agent



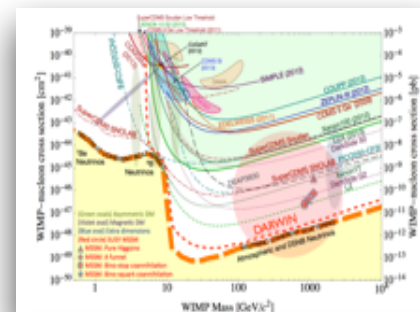
- A low threshold, high resolution detector with:
  - High sensitivity to low energy nuclear recoils
  - Z fiducialization with minority carriers
  - 3D track reconstruction with head-tail capabilities
  - High particle identification capability

Born in 2000, still to be fully exploited

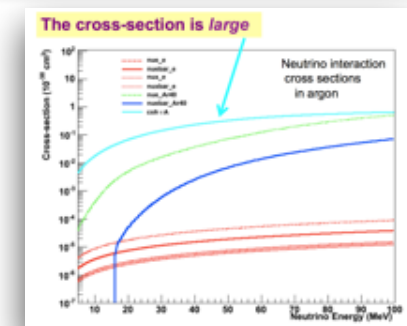
Only one known example with thick GEMs (not yet published)

**Especially suited to measure:**

**Nuclear recoil from a DM particle scattering**



**Nuclear recoil from a coherent neutrino scattering**



but also neutron detector (dose monitor for hadrontherapy), x-ray polarimeter in space, beam monitor & diagnostic, etc..

# CYGNUS-RD project



### $\mu$ -RWELL

Copper top layer (5µm)  
DLC layer (<math>\le 0.1 \mu\text{m}</math>)  
R-50-100 MQ/□  
Well pitch: 140 µm  
Well diameter: 70-50 µm  
Kapton thickness: 50 µm  
Rigid PCB readout electrode  
 $\mu$ -RWELL PCB

G. Bencivenni et al., JINST 10 P0 2008

### GridPix

W. Koppert et al., NIM A 732, 245-249

### Orange

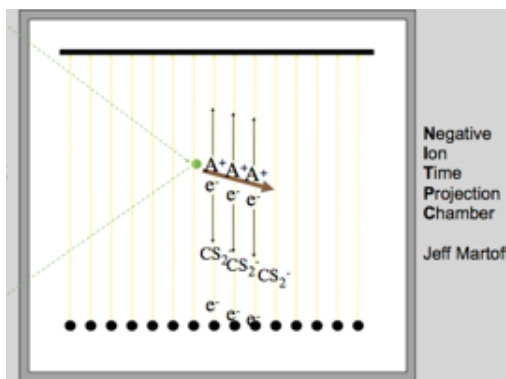
M. Marafini et al, JINST 10 No 12 P12010

### GEMPix

Triple GEM  
Quad Timepix ASIC

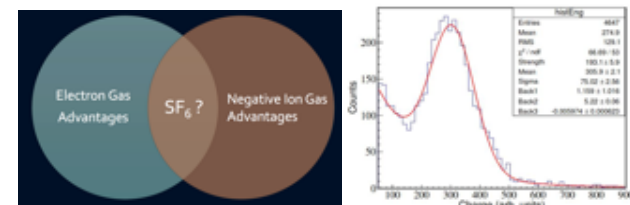
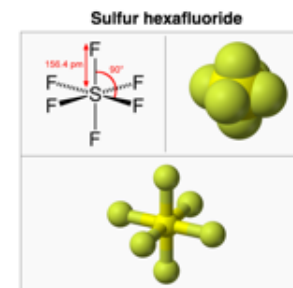
F. Murtas et al., JINST 9 C01058

## Negative Ions



- In an highly **electronegative** gas ionization electrons are capture at  $O(100)$  distance becoming anions
- Negative ion drift: anions as image carriers instead of electrons reduce longitudinal and transversal diffusion **to thermal limit w/out magnetic field**
- More than one anion species is created**, allowing Z fiducialization with minority carrier time measurement

## SF6 gas



**D. Loomba, thick GEMs (2015-2016), not yet published**

Electron Drift	Negative Ion Drift
<ul style="list-style-type: none"> <li>Example: CF<sub>4</sub></li> <li>Larger diffusion -&gt; smaller detector length</li> <li>Spin target -&gt; no sacrifice of volume -&gt; higher target density at same pressure -&gt; can operate at shorter drift lengths.</li> <li>Benign</li> <li>Good scintillator -&gt; allows for optical readouts</li> <li>Fiducialization?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Example: CS<sub>2</sub></li> <li>Low diffusion -&gt; large detector length</li> <li>Good high voltage operation at low pressures</li> <li>Demonstrated fiducialization</li> <li>Lack spin-dependent content -&gt; sacrifice detector volume to enable negative ion operation with a spin target</li> <li>Toxic</li> </ul>

E. Baracchini - NITEC: a Negative Ion Time Expansion Chamber for very rare events searches



# CYGNUS-RD team, budget & context

**Total budget ~ 50k EUROS**

- Share NITEC and DCANT lab and vessel
- Patch panels (for each readout) ~ 8k EUROS
- Readouts: ~ 20 kEUROS (CMOS) + 10k EUROS (chips)
- Field cages ~ 10 kEUROS
- Vessel improvement ~ 5kEUROS
- Consumables (gas + orings) ~ 5 kEUROS
- Travel to Sheffield lab to test CS<sub>2</sub> ~ 2 kEUROS

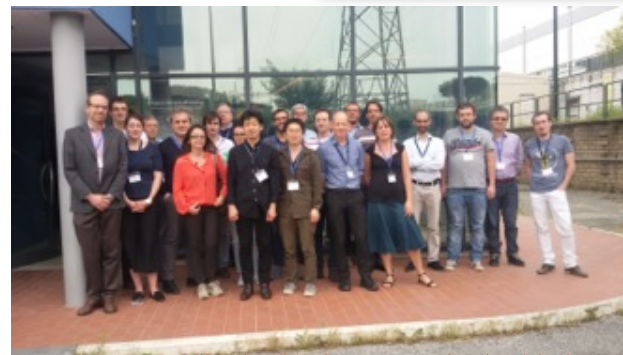
**Team 1.6 (+1) FTE**

- **Referente Scientifico: E. Baracchini**
- **Coordinatore Nazionale: XXX**
  - Sezione LNF: Coord. G. Mazzitelli 0.4 FTE, A. Tomasini 0.2 FTE, (E. Baracchini 1 FTE)
  - Sezione Roma1: Coord. XXX, G. Cavoto, D. Pinci, F. Renga, C. Voena TOT 1 FTE

## CYGNUS-TPC project

### Richieste servizi

- LNF: Servizio disegno & progettazione meccanica della divisione ricerca ~ 0.2 FTE (A. Tomasini)
- LNF: Servizio elettronica ~ 0.1 FTE
- LNF: Supporto esperimenti ~ 0.1 FTE (A. Mengucci)
- BTF beam time (2 weeks per year)
- Use of LNF radioactive sources (<sup>55</sup>Fe, neutron source)



- (WP1) Directional Dark Matter Sensitivity**
- (WP3) High Resolution Readout and Electronics**
- (WP9) Gas studies and optimization**

# INSIDE project

## Flicker Noise Studies for Investigation of Detector pErformances

Responsabile nazionale: Francesco Di Capua  
Università di Napoli “Federico II”, Dip. Fisica “E. Pancini” and INFN

Responsabile locale: Calogero Pace  
Università della Calabria, DIMES and G.C. Cosenza LNF-INFN



# Partecipanti INSIDE project

Nome	Sezione	Posizione	FTE
Francesco Di Capua	Napoli	Ricercatore RTDA Federico II di Napoli	40%
Ettore Sarnelli	Napoli	Ricercatore III livello CNR- SPIN	30%
Ciro Nappi	Napoli	Ricercatore II livello CNR- SPIN	30%
Vincenzo Izzo	Napoli	Tecnologo INFN	20%
Calogero Pace	Gruppo Coll. Cosenza LNF	Professore Associato UniCal	40%
Gianluca Borgese	Gruppo Coll. Cosenza LNF	Ricercatore INFN (Art. 36)	40%
Roberto Beneduci	Gruppo Coll. Cosenza LNF	Ricercatore UniCal	30%

## Partner esterni

**LFoundry – Avezzano**

**FBK - Trento**

## Richiesta economica:

- **Costi Totali: 66k€ in 2 anni**
- **Costi per LNF-G.C. Cosenza: 20k€ in 2 anni (50% missioni, 50% mat. di consumo)**

# INSIDE project

Il progetto propone lo studio del noise intrinseco di fotosensori a semiconduttore al fine determinare una correlazione tra il rumore a bassa frequenza (Flicker e Random Telegraph Noise) e le prestazioni di base dei fotosensori in termini di qualità ed affidabilità. Tale correlazione, già evidenziata per i transistors MOS, non è mai stata investigata per i fotosensori.

Vi è un generale consenso sul fatto che il noise  $1/f$  dipende dalla concentrazione dei difetti e/o delle impurità nelle giunzioni e canali dei dispositivi. Tali difetti agiscono come centri di cattura, ognuno caratterizzato da differenti costanti di tempo, causando come risultato complessivo, la fluttuazione in alcune quantità elettriche osservabili.

**Lo studio del Flicker noise può essere usato come uno strumento di caratterizzazione alternativo della qualità di campioni vergini e per mostrare gli effetti delle sorgenti di stress (radiazioni, hot electrons, danno meccanico) sulle microstrutture dei campioni.**

**Un elevato livello di noise  $1/f$  sui campioni vergini tipicamente indica scarsa qualità dei materiali e bassa accuratezza dei processi tecnologici.**

Scopo del progetto:

- lavorare con le foundries allo scopo di migliorare la produzione di fotosensori da utilizzare nei futuri esperimenti di alta energia.
- procedura per screening di componenti a più alta qualità ed affidabilità

# INSIDE project

## Contributo dei partner industriali:

LFoundry



### **LFoundry** fornirà:

- strutture di base su wafer relative a sensori d'immagine APS
- giunzioni np per fotodiodi ottici
- strutture SPAD (Single Photon Avalanche Diodes)

### **FBK** fornirà:

- strutture SPAD a livello di wafer
- Dispositivi SPAD packaged

Verranno fornite varianti delle stesse strutture con:

- diversi livelli di impiantazione superficiale
- diversi spessori dell'ossido di gate
- diverse tipologie di strati antiriflettenti depositati in superficie

# INSIDE project

CONTRIBUTO DEL GRUPPO COLLEGATO DI COSENZA DEI LNF

**Upgrade della strumentazione e delle metodologie di misura esistenti per la caratterizzazione di rumore su fotosensori innovativi**

Responsabile locale: Calogero Pace

DIMES-Università della Calabria and G.C. Cosenza LNF-INFN



# Rumore: che cos'è?

**Ogni disturbo indesiderato che interferisce con un segnale di interesse**

## Sorgenti di rumore

### Esterne

- **Accoppiamenti elettrostatici**
- **Accoppiamenti elettromagnetici**
- **Cross-talk**
- **Effetti microfonici**

### Interne o Fondamentali

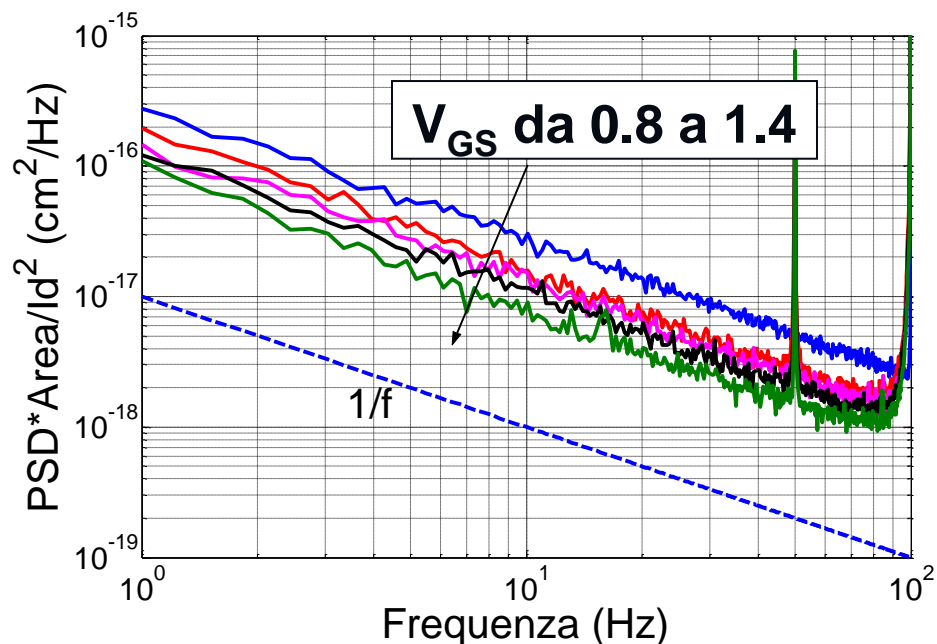
- **Fluttuazioni spontanee originate dalla fisica dei dispositivi e dei materiali che costituiscono il sistema elettronico**

Lo studio del rumore interno alle basse frequenze rappresenta un potente strumento di investigazione per i dispositivi elettronici a stato solido. Esso può fornire informazioni circa i meccanismi di trasporto di carica e la presenza di difetti nei materiali e alle interfacce. Nel campo delle tecnologie microelettroniche, le misure di rumore si sono rivelate particolarmente utili per esaminare la qualità dei dielettrici di gate nei MOSFETs.

# ESEMPI DI MISURE SU MOSFETs

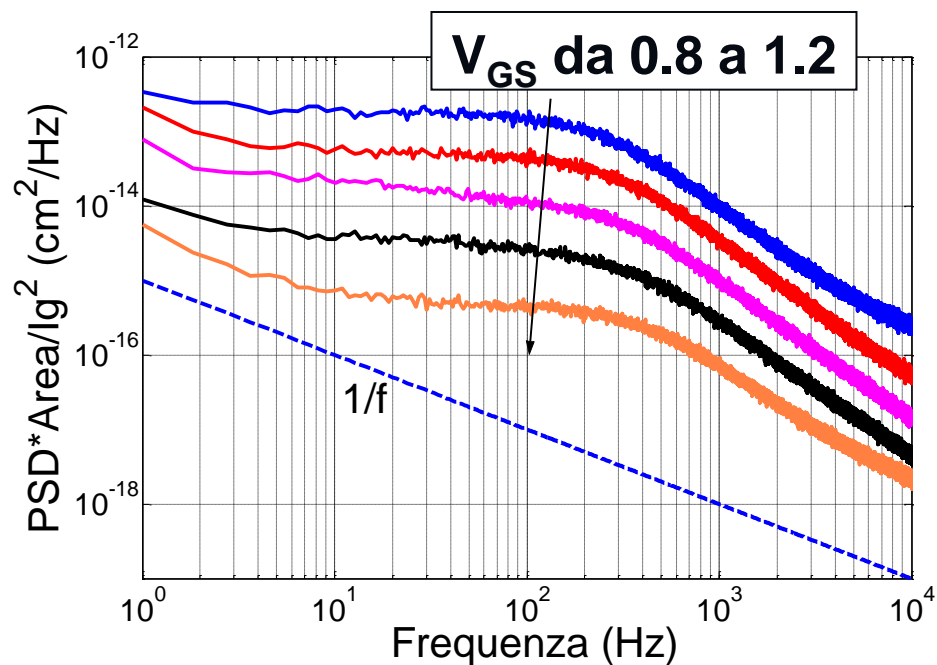
Rumore corrente di drain

Rumore flicker  
a basse frequenze



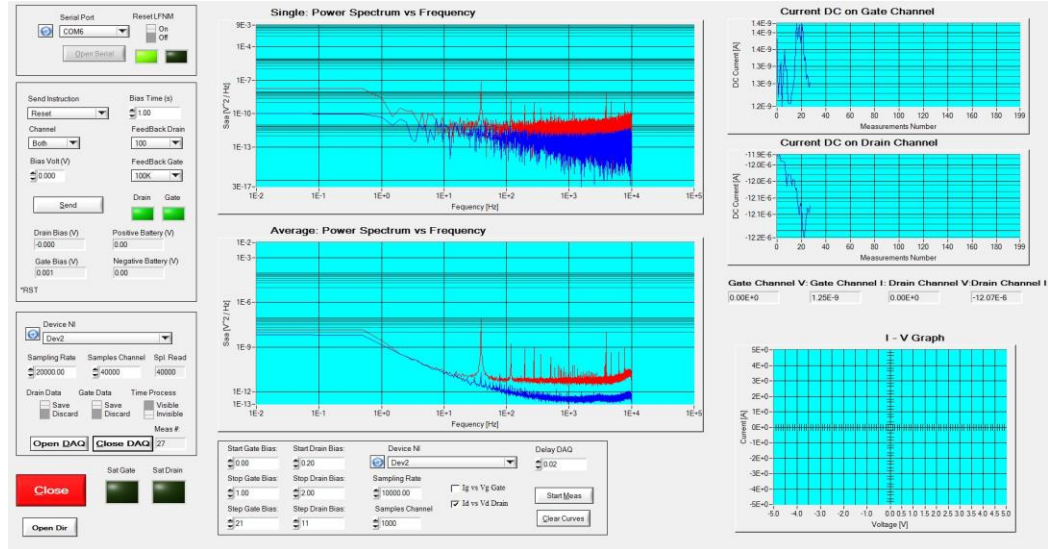
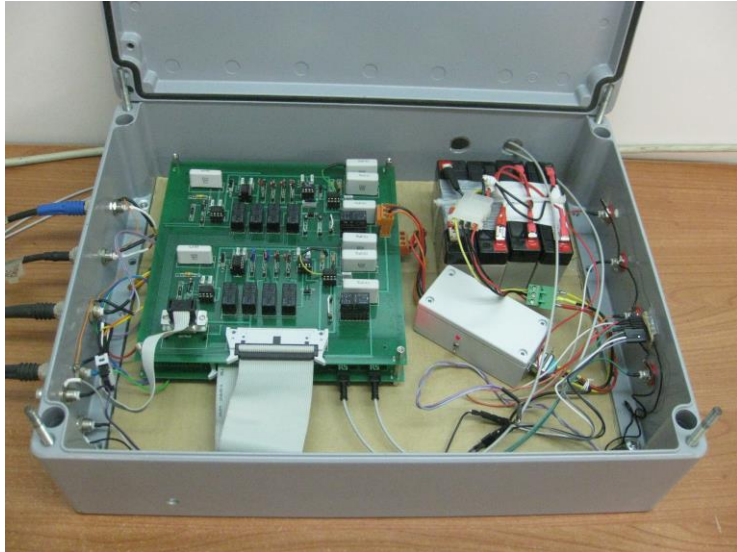
Rumore corrente di gate

Rumore RTS  
a basse frequenze





# SISTEMA DI MISURA



**Riduzione delle interferenze esterne**

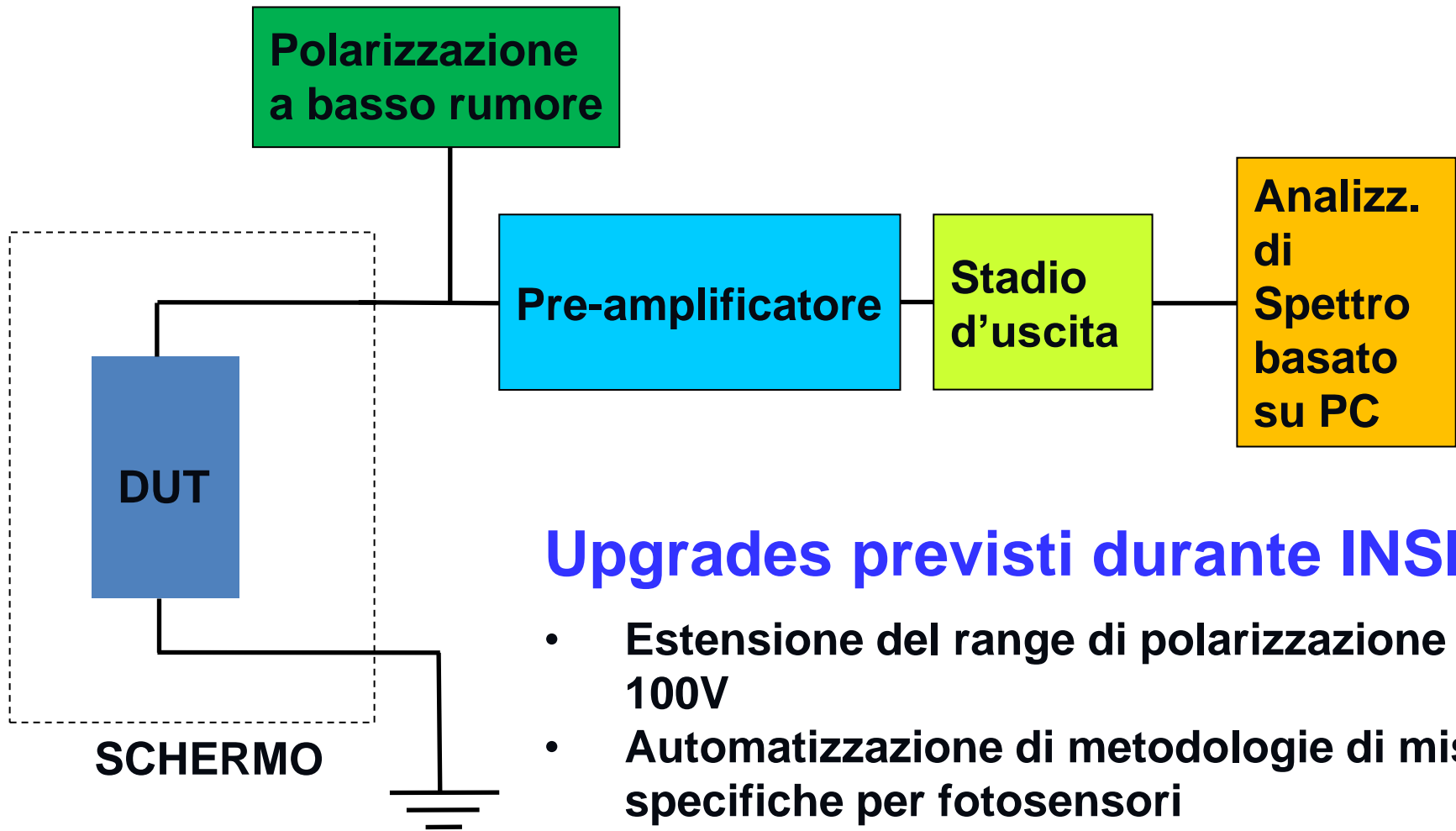
50 Hz → Alimentazione a batterie

Campi elettrici → Schermi metallici

Vibrazioni meccaniche → Tavolo antivibrazioni

Umidità → Silica gel

# SCHEMA A BLOCCHI DEL SISTEMA DI MISURA



## Upgrades previsti durante INSIDE

- Estensione del range di polarizzazione a 100V
- Automatizzazione di metodologie di misura specifiche per fotosensori