

# Collaborazione Acceleratori INFN-LNF DA | ENEA FUSPHY



***A. Gallo, G. Di Pirro (INFN); M. Ciotti, A. Petralia (ENEA)***

*Convegno Nazionale INFN-ENEA, 1 Luglio 2021, INFN-LNF Frascati (aula Touschek)*

# **SOMMARIO**

- Nuovo accordo di collaborazione INFN LNF DA / ENEA FUSPHI;
- Collaborazione in ambito acceleratori del recente passato;
- Collaborazioni in corso nell'ambito di progetti europei;
- Collaborazioni in corso nell'ambito dell'infrastruttura di ricerca SPARC\_Lab dei LNF (dettagli nella successiva presentazione di A. Petralia);
- Prospettive e progetti futuri

Accordo di collaborazione tra DA/LNF e FUSPHY/ENEA elaborato e pronto per la sottoscrizione;

L'accordo ricomprende ambiti e progetti nei quali la collaborazione è di fatto già attiva (ad esempio all'interno di progetti europei di H2020), altri in cui è stata recentemente introdotta o riattivata, altri ancora in cui si intende espanderla nell'immediato futuro.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  | <b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE</b>   |  |
|  | <b>TRA</b>   |  |
|  | <b>l'Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile</b> (nel seguito denominata "ENEA" o "Agenzia"), con sede legale in Roma, Lungotevere Grande Ammiraglio Thaon di Revel, n. 76, 00196, (Codice Fiscale 01320740580 – Partita IVA 00985801000), nella persona del Legale Rappresentante, Ing. Alessandro Dodaro, <u>da una parte</u>   |  |
|  | <b>E</b>   |  |
|  | <b>i Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN (di seguito LNF)</b> con sede legale in Frascati, via Enrico Fermi, n. 54, 00044 (Codice Fiscale 84001850589), nella persona di Fabio Bossi domiciliato per la carica presso la suindicata sede <b>autorizzato alla firma del presente Atto con delibera n. 12214 del 24 febbraio 2012, dall'altra</b> (ENEA e LFN nel seguito, singolarmente, anche la "Parte" e, congiuntamente, anche le "Parti") |  |
|  | <b>PREMESSO CHE:</b>   |  |
|  | - l'ENEA è un ente di diritto pubblico finalizzato alla ricerca e all'innovazione tecnologica nonché alla prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, con particolare riguardo al settore nucleare e dello sviluppo economico sostenibile.   |  |
|  | - La divisione di Fisica della Fusione (FUSPHY) del Dipartimento Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare del Centro Ricerche dell'ENEA di Frascati racchiude competenze tecniche e scientifiche che spaziano dalla Fisica del Plasma alla Fisica delle sorgenti di Radiazione Elettromagnetica, alle Diagnostiche di Radiazione nell'intero Spettro elettromagnetico. Le attività si sono concretizzate nello studio,                         |  |
|  |  |  |

## Esperienze di collaborazione pregresse: il progetto SPARC (Sorgente Pulsata Autoamplificata di Radiazione Coerente) e la pionieristica attività sperimentale sulla generazione di radiazione FEL da singolo passaggio

- Attività sperimentale di punta in ambito fisica degli acceleratori nella prima decade del nuovo secolo;
- Basata sulla grande esperienza di produzione ed accelerazione di fasci di elettroni (INFN) e sulla consolidata leadership teorica e sperimentale nell'ambito della fisica del FEL (ENEA)
- Partecipazione di INFN ed ENEA, come partners del progetto SPARC, al progetto europeo EUROFEL (FP6).



- Programma di lavoro completato nei primi anni 10, collaborazione affievolita fino al 2020

TH4PBC05

Proceedings of PAC09, Vancouver, BC, Canada

### RECENT RESULTS OF THE SPARC FEL EXPERIMENTS

M. Ferrario, D. Alesini, M. Bellaveglia, M. Benfatto, R. Boni, M. Boscolo, M. Castellano, E. Chiodroni, A. Clozza, L. Cultrera, G. Di Pirro, A. Drago, A. Esposito, L. Ficcadenti, D. Filippetto, V. Fusco, A. Gallo, G. Gatti, A. Ghigo, A. Marinelli, A. Marcelli, C. Marrelli, M. Migliorati, A. Mostacci, E. Pace, L. Palumbo, L. Pellegrino, R. Ricci, U. Rotundo, C. Sanelli, F. Sgamma, B. Spataro, S. Tomassini, C. Vaccarezza, M. Vescovi, C. Vicario, INFN-LNF, Frascati, RM, Italy  
F. Cioeci, G. Dattoli, M. Del Franco, A. Dipace, A. Doria, G. P. Gallerano, L. Giannessi, E. Giovenale, G. L. Orlandi, S. Pagnutti, A. Petralia, M. Quattromini, C. Ronsivalle, E. Sabia, I. Spassovsky, V. Surenti, ENEA C.R. Frascati, RM, Italy.  
A. Bacci, I. Boscolo, F. Broggi, F. Castelli, S. Cialdi, C. De Martinis, D. Giove, C. Maroli, V. Petrillo, A.R. Rossi, L. Serafini, INFN-Mi, Milano, Italy  
M. Mattioli, M. Petrarca, M. Serluca, INFN-Roma I, Roma, Italy  
L. Catani, A. Cianchi, B. Marchetti, INFN-Roma II, RM, Italy  
J. Rosenzweig, UCLA, Los Angeles, CA, USA  
M. E. Couprie, SOLEIL, Gif-sur-Yvette, France  
M. Bougeard, B. Carré, D. Garzella, M. Labat, G. Lambert, H. Merdji, P. Salières, O. Tchekbakoff, CEA Saclay, DSM/DRECAM, France  
M. Rezvani Jalal, University of Teheran, IRAN

#### Abstract

The SPARC project foresees the realization of a free electron laser operating at 500 nm driven by a high brightness photo-injector at a beam energy of 150-200 MeV. The SPARC photoinjector is also the test and training facility for the recently approved VUV/soft X-ray FEL project named SPARX [1]. The second stage of the commissioning, that is currently underway, foresees a detailed analysis of the beam matching with the linac in order to confirm the theoretical prediction of emittance compensation based on the "invariant envelope" matching, the demonstration of the "velocity bunching" technique in the linac and the characterisation of the spontaneous and stimulated radiation in the SPARC undulators. In this paper we report the experimental results obtained so far.

#### INTRODUCTION

Soon after a long machine shut down in autumn 2008, due to a water leak in the gun RF circulator that required the complete replacement of the circulator and a contemporary installation of a new copper cathode, the SPARC experimental program restarted in January 2009 with two main goals: 1) characterisation of the spontaneous and stimulated radiation in the undulators and 2) demonstration of the "velocity bunching" technique in the linac with emittance compensation.

The present layout of the injector is shown in Fig. 1. The first two accelerating structures are surrounded by two long solenoids providing the additional focusing (with a maximum field of 0.18 T) required to match the beam envelope to the linac, according to the invariant envelope conditions [2,3].

In Fig. 2 a picture of SPARC taken from the undulator end is shown. The undulator, realized by ACCEL GmbH,

is made of six permanent magnet sections with 2.8 cm period, 25 to 6 mm variable gap with maximum undulator parameter  $K_{max} = 2.2$ .

In the next sections we will discuss the injector performances, the first observation of the Self Amplified Spontaneous Emission (SASE) at 500 nm in the SPARC FEL and the preliminary results obtained applying the Velocity Bunching technique to the first linac section.



Figure 1: Picture of the SPARC photoinjector showing the 3 accelerating structures with 2 long solenoids.



Figure 2: Photo of the SPARC undulator sequence.

Light Sources and FELs  
A06 - Free Electron Lasers

3178

## Progetti EU H2020:



### EUPRAXIA

La Collaborazione EuPRAXIA è un Design Study finanziato dalla Commissione Europea all'interno del programma quadro Horizon 2020 (2015-2019) concluso nel 2019 con la presentazione di un CDR (Conceptual Design Report) di un'infrastruttura per utenti di radiazione FEL distribuita in vari centri europei (pillars) e basata sull'utilizzo dell'innovativa tecnica di accelerazione ad onda di plasma, in preparazione della Roadmap 2021 di ESFRI. Tale progetto ha visto coinvolti per l'Italia sia l'ENEA che l'INFN. Di recente l'INFN si è proposto di ospitare uno dei pillars del progetto, quello che utilizzerà la tecnologia plasma beam-driven, all'interno dei LNF. A supporto di quest'iniziativa l'INFN ha ottenuto un finanziamento governativo ad hoc per la realizzazione di una sorgente di radiazione FEL operante nei raggi X molli (progetto Eupraxia@SPARC\_Lab) come stadio iniziale dell'infrastruttura che si candida a diventare polo europeo. ENEA ed INFN collaborano nella progettazione e realizzazione di infrastrutture di questo tipo sin dai tempi dei progetti SPARC e SPARX entrambi finanziati dal MIUR.

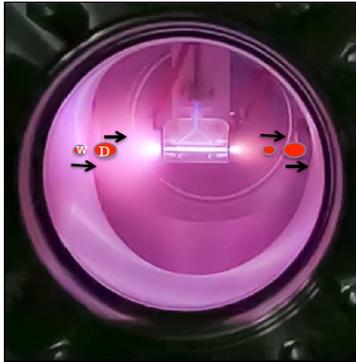
### Compact Light - XLS



ENEA ed INFN sono impegnati nel Design Study del progetto CompactLight Source (XLS) finanziato dalla Commissione Europea all'interno del programma quadro Horizon 2020 e finalizzato alla progettazione e realizzazione di sorgenti compatte di radiazione nella regione spettrale dei raggi X (lunghezza d'onda fino a 0.1 nm) di tipo FEL basati su acceleratori RF in banda X (12 GHz). Il progetto si concluderà con la consegna del CDR di una sorgente compatta e "cost-effective", disegnata per gli utenti, in grado di raggiungere gli obiettivi prefissati utilizzando anche schemi innovativi per gli ondulatori magnetici o tecniche alternative di emissione, quali lo Scattering Compton.

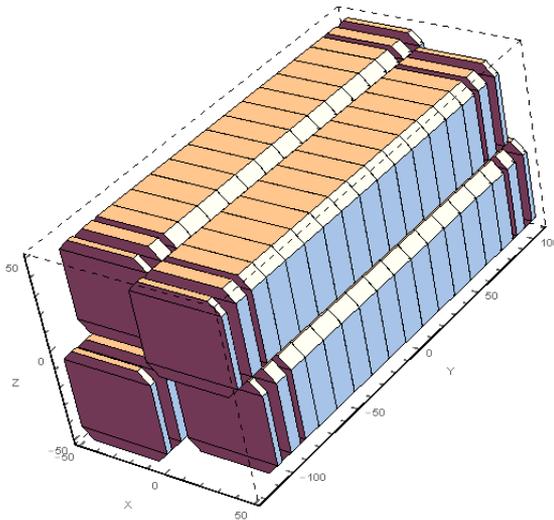
## Collaborazioni nuove o riattivate *(segue presentazione Petralia)*

### esperimento COMB-to-FEL



La realizzazione di un esperimento di amplificazione di radiazione FEL da un fascio di alta brillantezza accelerato mediante l'eccitazione di wakefield in plasma nella struttura accelerante è attualmente oggetto di sperimentazione presso i LNF. Il fascio è stato iniettato nell'ondulatore di ENEA opportunamente rimesso in funzione. L'attività sperimentale FEL e la gestione degli ondulatori sono affidati a personale ENEA di riferimento, mentre l'operazione del Linac e della cella di plasma sono a cura del team INFN. A partire dal 2020 7 ricercatori ENEA sono stati associati ai LNF dell'INFN per svolgere attività sperimentale. La produzione di radiazione FEL nelle 2 modalità SASE e Seeded è stata sperimentalmente dimostrata.

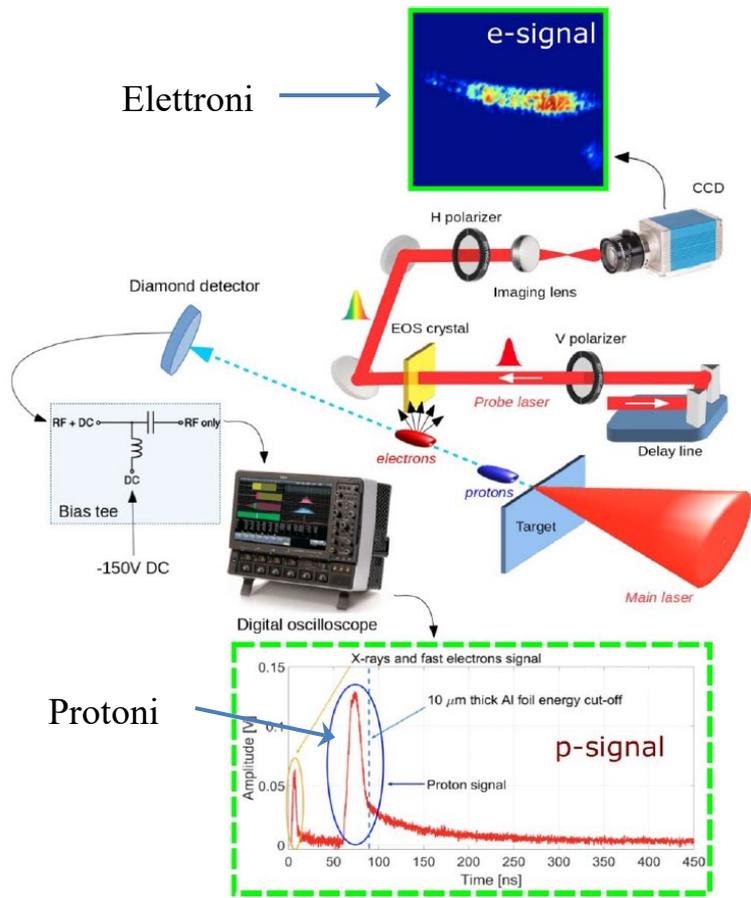
### Progetto Sabina



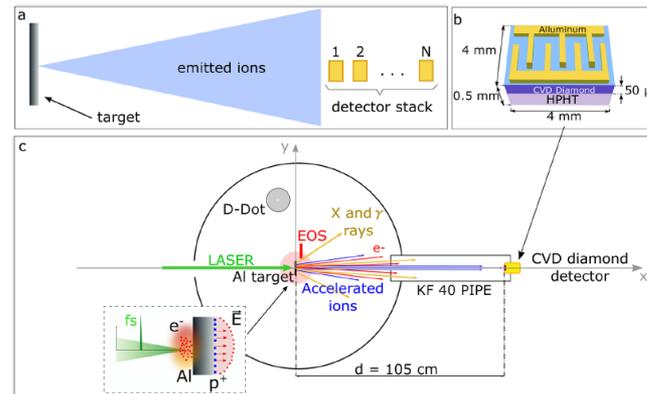
I citati progetti SPARC e SPARX, hanno visto la collaborazione dei tre principali Enti di Ricerca italiani (CNR, ENEA ed INFN), per la realizzazione di un'infrastruttura di tipo FEL operante in regime di Auto-Amplificazione dell'Emissione Spontanea (SASE). Tale collaborazione ha portato alla costruzione della test facility SPARC presso i LNF che si è successivamente evoluta in una infrastruttura di ricerca flessibile e multidisciplinare (SPARC\_LAB), in grado di ospitare diversi esperimenti sia di fisica degli acceleratori che di fisica dell'emissione di radiazione coerente. In tale ambito è nato il progetto SABINA, finanziato dalla Regione Lazio, per la realizzazione di un FEL operante in regime SASE nella regione del Medio e Lontano Infrarosso, da 10 micron a 100 micron, con radiazione polarizzata circolarmente disponibile per utenti. La sorgente sarà realizzata presso SPARC\_LAB con i contributi ENEA che spaziano dal disegno, concettuale e progettuale dell'ondulatore magnetico, alla dinamica del processo di generazione della radiazione in strutture guidate.

## Collaborazioni nuove o riattivate

*Schema rivelazione simultanea elettroni ultra-veloci e protoni*



Caratterizzazione di particelle cariche accelerate e electromagnetic pulses (EMPs) in interazioni laser materia ad alta intensità

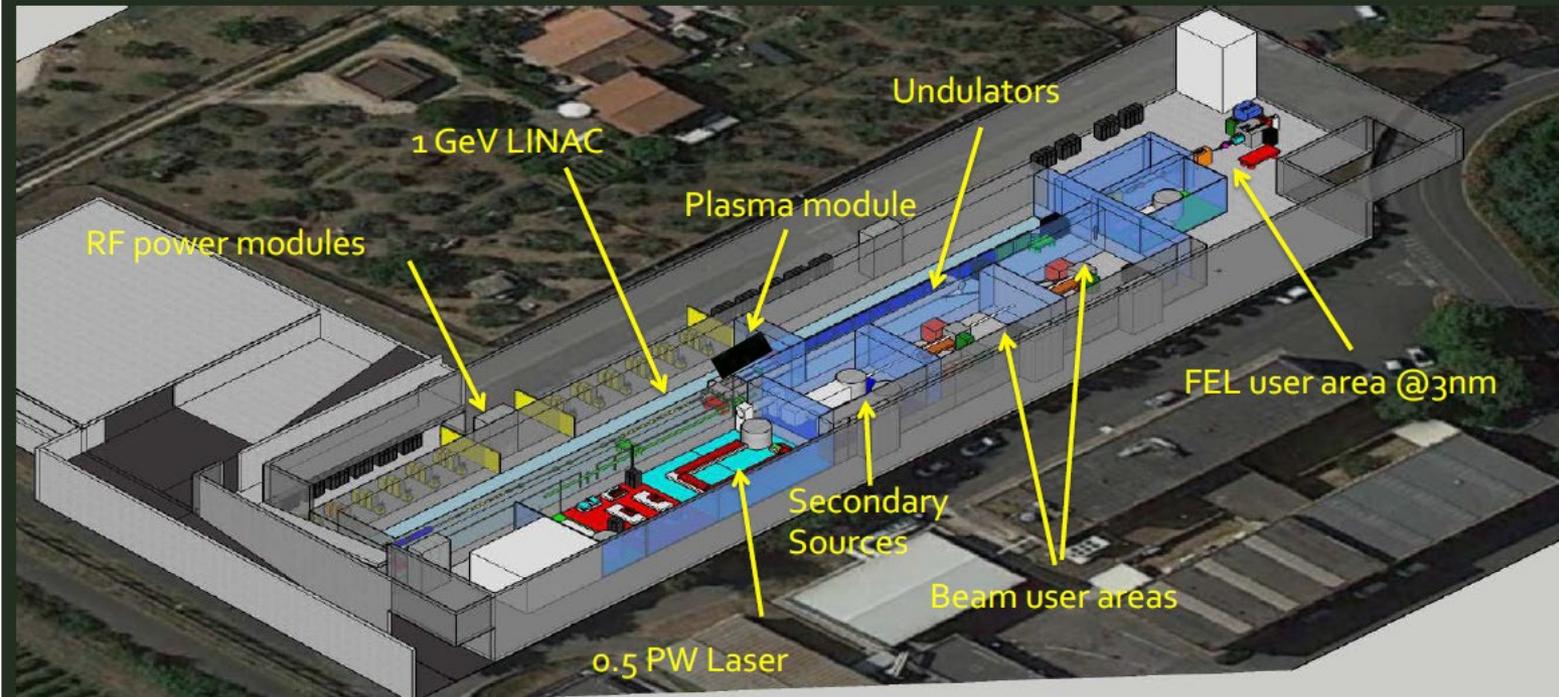


*Rivelazione a tempo di volo di ioni accelerati da interazione laser materia, con rivelazione dei campi EMP ivi generati*

- Studio e caratterizzazione simultanea di elettroni ultra-veloci e protoni in esperimenti di interazione laser-materia ad alta intensità presso il laser FLAME INFN-LNF
- Test, effettuati presso il laser FLAME INFN-LNF, di metodologie avanzate, sviluppate da ENEA in collaborazione con Università di Tor Vergata, per la rivelazione mediante schemi a tempo di volo e la descrizione spettrale accurata di ioni accelerati mediante interazione laser-materia ad alta intensità.
- Generazione di impulsi elettromagnetici (EMPs) ad alta intensità, nel dominio della radiofrequenza-microonde, generati da interazione laser-materia in esperimenti mediante il laser FLAME INFN-LNF

Progetto EUPRAXIA@SPARC\_Lab:  
una nuova opportunità di collaborazione su grande scala

# EuPRAXIA@SPARC\_LAB



## Collaborazioni in fase di attivazione: EUPRAXIA@SPARC\_Lab

### Plasma acceleration physics

Il Progetto Eupraxia@SPARC\_Lab, che prevede per l'Italia la realizzazione di un FEL basato sull'accelerazione plasma beam-driven, necessita di importanti competenze teoriche e modellistiche che sono patrimonio della Divisione FUSPHY dell'ENEA.

In particolare, gli studi in corso del "Center for Nonlinear Plasma Science" (CNPS), guidato da Fulvio Zonca, in collaborazione con USTC Hefei e l'Accademia delle Scienze Cinese, sono di estremo interesse per il progetto poiché riguardano possibili schemi, anche alternativi, di accelerazione al plasma e relative implicazioni sui processi dinamici.

### R&D ondulatori

Lo realizzazione di sorgenti FEL compatte richiede lo sviluppo di ondulatori innovativi ad alto campo e corto periodo. L'ENEA, ente storicamente impegnato in tale attività, possiede un patrimonio di competenze teoriche e modellistiche in questo settore, e dispone della strumentazione per la progettazione, il test e la misura delle caratteristiche magnetiche degli ondulatori.

### PLUS studio interazioni fascio-plasma

Sempre nell'ambito del Progetto EuPRAXIA e relativamente ai meccanismi di accelerazione nei plasmii, è previsto il coinvolgimento della collaborazione PLUS (Plasma in Laboratory and Universe Systems), che si è già da tempo costituita sotto la guida di Giovanni Montani includendo ricercatori dei LNF e ricercatori della Divisione FUSPHY, oltre che ricercatori di varie Università, Enti e Consorzi. Le competenze specifiche che PLUS può offrire riguardano l'interazione fascio-plasma per la quale possono essere messi a disposizione studi 2D e 3D in ambito relativistico così come studi connessi con la fisica dei getti in astrofisica e con i raggi cosmici.