

Alimentatori, RF e stazioni di potenza a Eupraxia

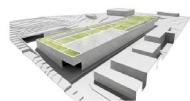
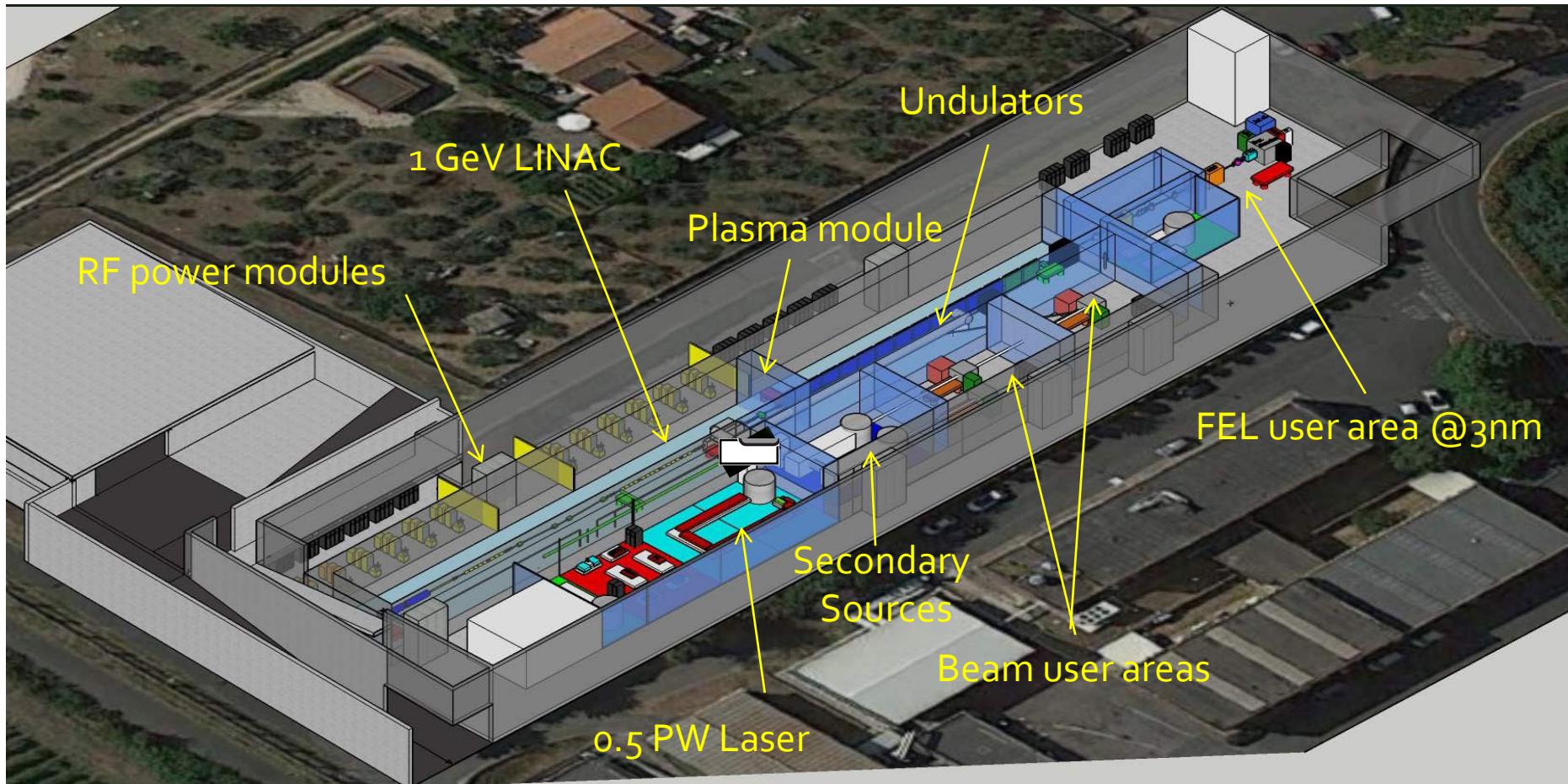


Argomenti

Settori di interesse per prossime commesse dei LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI dell'INFN in vista di Eupraxia:

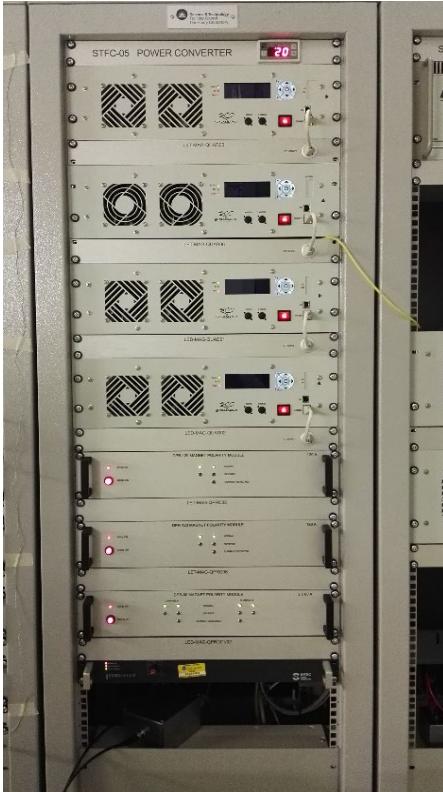
- Stazioni RF
- Sistemi di LLRF
- Amplificatori a stato solido RF
- Alimentatori per magneti

EuPRAXIA@SPARC_LAB



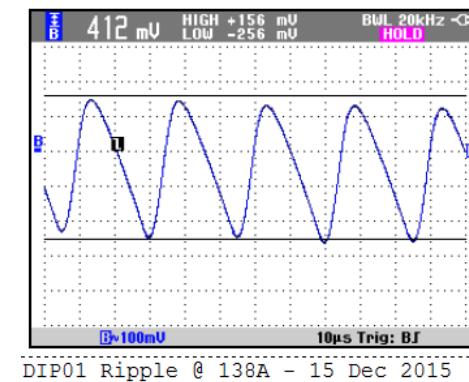
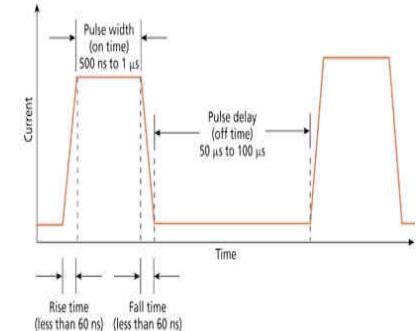
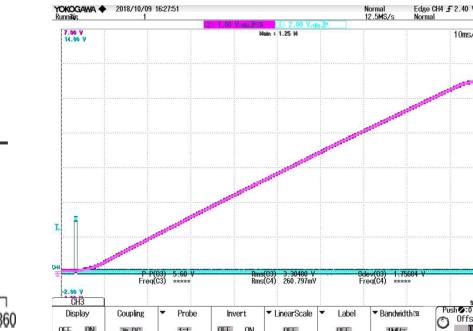
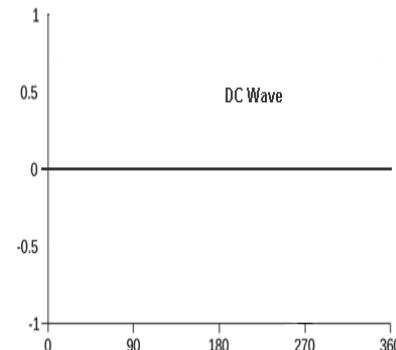
<http://www.lnf.infn.it/sis/preprint/pdf/getfile.php?filename=INFN-18-03-LNF.pdf>

Alimentatori per Magneti



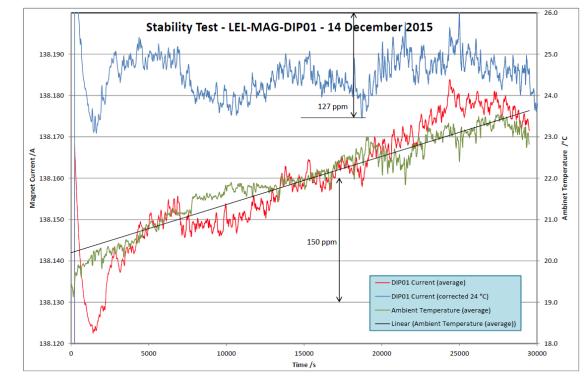
Convertitori di potenza regolati in corrente che possono lavorare in regimi:

- DC
- Rampati
- Pulsati



- Richieste elevate precisioni in termini di stabilità di corrente, riproducibilità e risoluzione (decine ppm).
- Taglie di potenza variabili da pochi W a diverse decine di kW

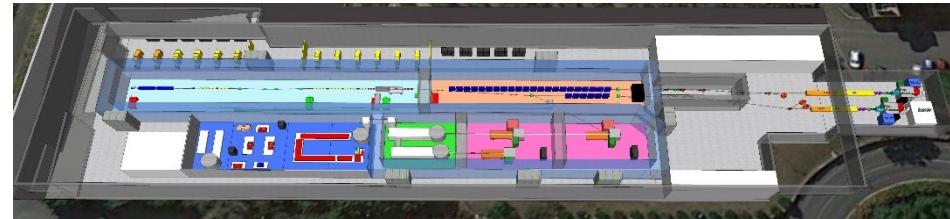
DIP01 Ripple @ 138A - 15 Dec 2015



Possibili commesse



ALIMENTATORI



- Circa 100 nuovi alimentatori
 - 60 media-alta potenza (1kW – decine di kW)
 - 40 piccola taglia (<500 W)

DAFNE

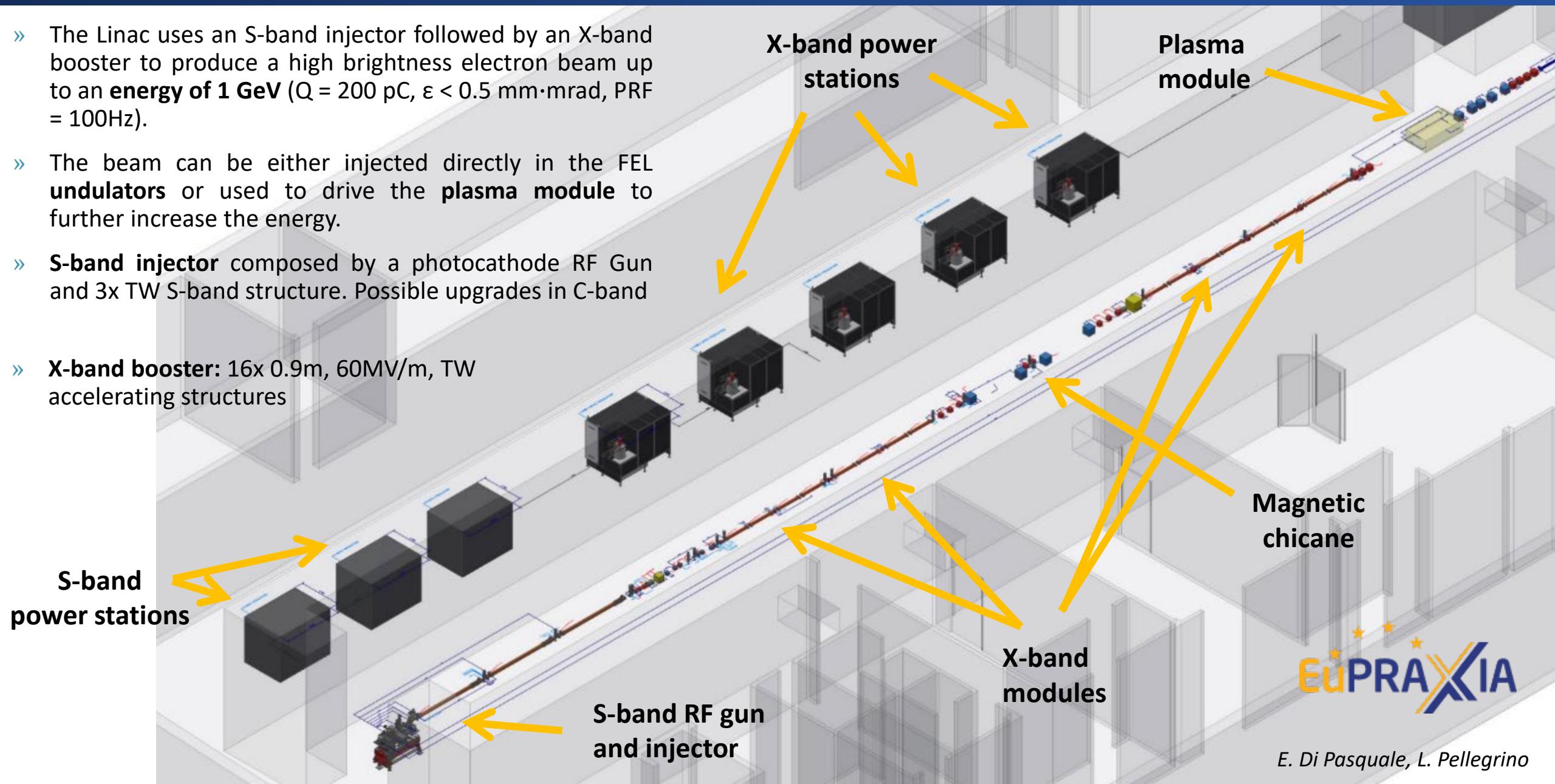
- Consistente revamping alimentatori: circa 70 da acquistare
- Taglie variano da 200 W a 600 kW
- Servirà un nuovo alimentatore pulsato bipolare da $\pm 650\text{A}$ con rampa di 34 ms e flat top 58 ms

SPARC

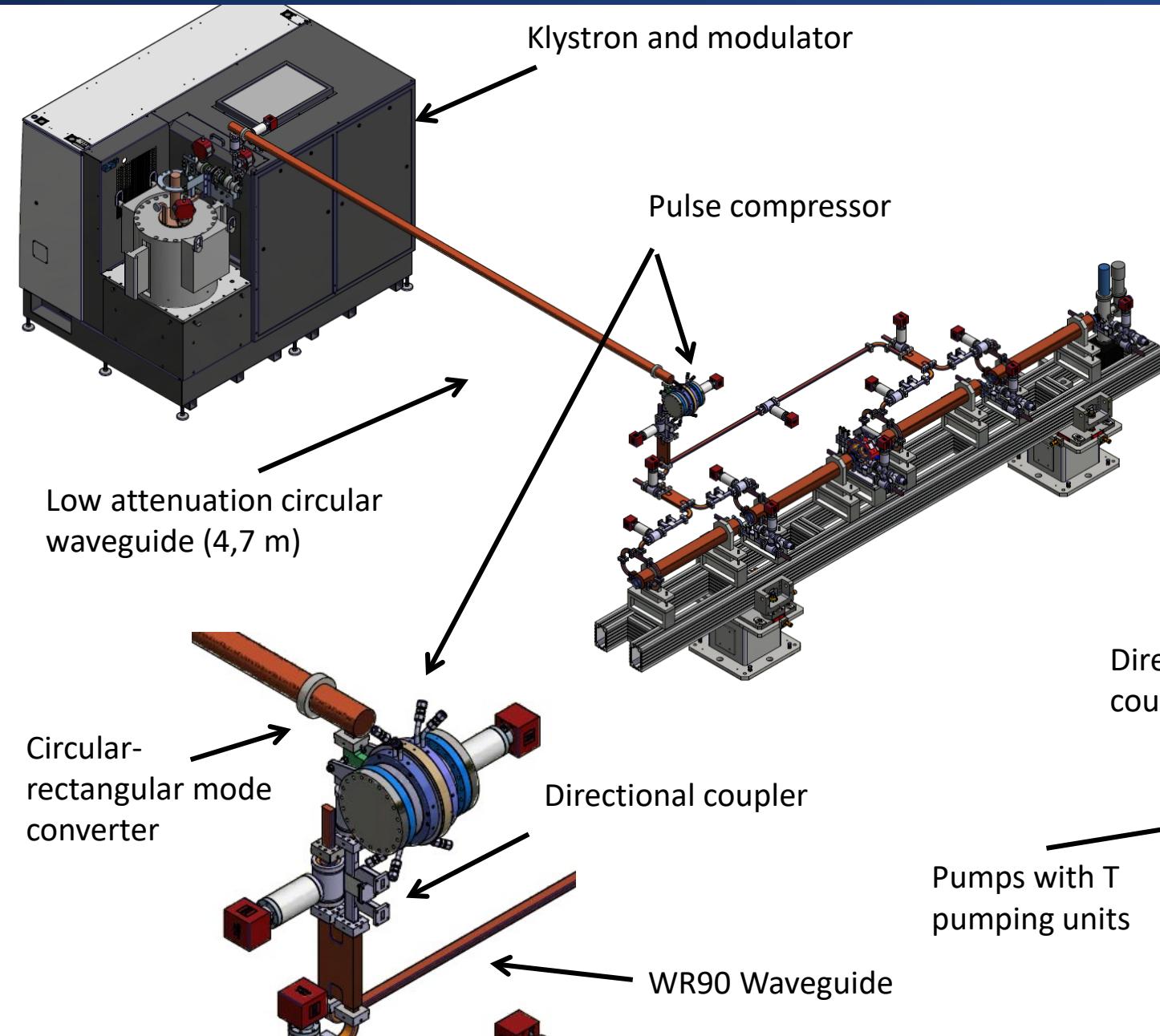
- Nel breve termine serviranno alimentatori di piccola taglia (20 alimentatori con taglie <1kW).

Overview of the EuPRAXIA LINAC

- » The Linac uses an S-band injector followed by an X-band booster to produce a high brightness electron beam up to an **energy of 1 GeV** ($Q = 200 \text{ pC}$, $\epsilon < 0.5 \text{ mm}\cdot\text{mrad}$, PRF = 100Hz).
- » The beam can be either injected directly in the FEL **undulators** or used to drive the **plasma module** to further increase the energy.
- » **S-band injector** composed by a photocathode RF Gun and 3x TW S-band structure. Possible upgrades in C-band
- » **X-band booster**: 16x 0.9m, 60MV/m, TW accelerating structures



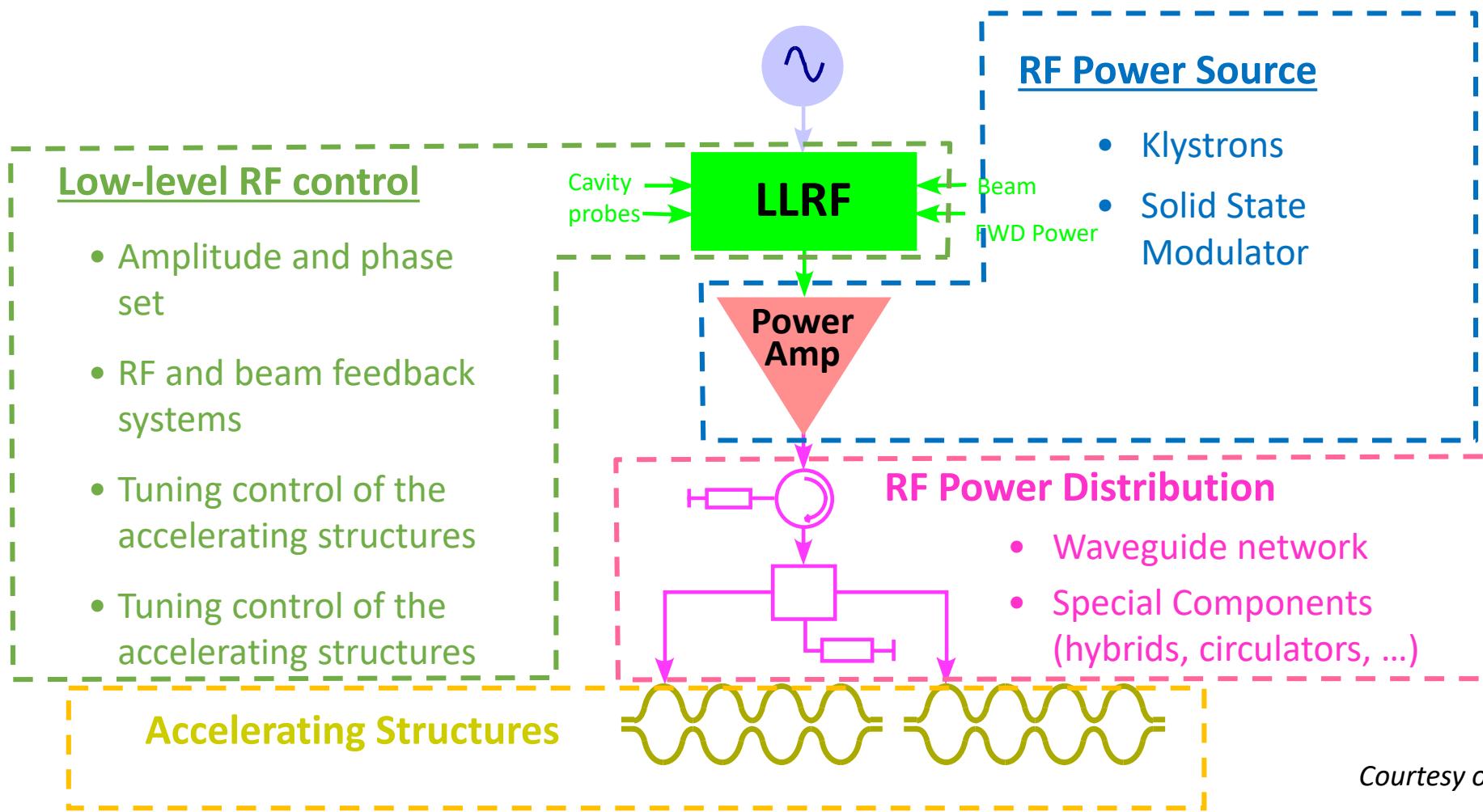
X-band module layout



⇒ Baseline Layout:
⇒ one klystron,
⇒ pulse compressor (BOC-type),
⇒ 4 TW structures (0.9 m, 60 MV/m, 100 Hz) or 2
TW structure depending on the klystron
⇒ X-band Waveguide components and RF devices.
Some of them are not commercial components

RF System Description

The RF systems in particle accelerators are the hardware complexes dedicated to the generation of the electromagnetic fields to accelerate particle charged beams.



Courtesy of Fabio Cardelli

RF Power Station

- 3x S-band RF sources (klystron + modulator) will need for the machine injector
- Two options is under study for the **X-band power source** :
 1. Based on the **50 MW CPI VKX8311A klystron**. At least **5x X-band RF sources** for the LINAC.
 2. Based on **25MW CANON E37119** which is currently in development and would allow to work at 400Hz. At least **9x X-band RF source** for the LINAC

These klystrons need to be feed by high voltage pulses (up to 430 kV) generated by pulsed modulator. The state of the art for these devices is realized by using solid state switches to generate these pulses.

The pulses should have a:

- Flatness $\leq \pm 2\%$
- Pulse to pulse amplitude stability $\leq 20 \text{ ppm}$

The modulator must implement a real time control system based on a PLC and Hardwired interlocks in order to protect the klystron in case of faults. In case of a fault the hardwire interlock should stop the operation of the modulator before the generation of the subsequent pulse.

X-band Power source

| <i>Operational Parameters</i> | <i>Unit</i> | <i>VKX8311A</i> | <i>E37119</i> |
|-------------------------------|-------------|-----------------|---------------|
| RF frequency | GHz | 11.994 | 11.994 |
| RF Peak Power | MW | 50 | 25 |
| Gain | dB | 48 | 48 |
| Modulator Peak Power | MW | 140 | 90 |
| Modulator AVG Power | kW | ≈ 50 | ≈ 126 |
| Operational voltage | kV | 430 | 335 |
| Operational current | A | 330 | 225 |
| PRF | Hz | 100 | 400 |
| RF Pulse length (top) | us | 1.5 | 1.5 |
| Efficiency | % | 40 | 40 |



*Klystron CPI
VKX-8311A*

MODULATORS

The pulsed Modulator assembly shall include:

- Solid state high voltage pulses generator (up to 430 kV);
- filament heater power supply;
- bias power supply;
- Pulse transformer;
- solenoid focusing magnet power supply;
- ion pump power supply;
- the cooling system for the klystron and modulator;
- oil filled tank with oil leak retention tray and X-ray shielding;
- a control-command system based on a PLC;
- Trigger and protection interlock system;
- RF digitizer for monitoring RF signals (Forward and Reflected power) at the klystron output;
- Internal Diagnostics for klystron parameters and status (Voltage and current applied, filament voltage and current, ion pump current, body temperature, etc.).

Procurement di Amplificatori RF come driver per stazioni di potenza

- Amplificatori RF a stato solido impulsati (SPARC-TEX):
 - Durata impulsi < 5 us
 - Potenza di picco 500 W ÷ 1 kW
 - Repetition rate 10 ÷ 400 Hz
 - Frequenze di funzionamento :
 - Banda S (~3 GHz)
 - Banda C (~6 GHz)
 - Banda X (~12 GHz)
- Impianti RF a stato solido CW (Revamping Dafne - MR):
 - Potenza di uscita 80 kW (1 dB compr.)
 - Frequenza di lavoro 368 MHz
 - BW > 20 MHz
- Impianti RF a stato solido CW (Revamping Dafne – DR):
 - Potenza di uscita 15 kW (1 dB compr.)
 - Frequenza di lavoro 73 MHz
 - BW > 5 MHz

Vincolati al PNRR

Sistemi di "Low Level RF"

- Applicazioni:
 - Condizionamento dei segnali RF in ampiezza e fase per modulare i campi elettromagnetici acceleranti
 - Rilettura dei segnali RF dalle strutture acceleranti
 - Feedback in ampiezza e fase dei campi acceleranti per la compensazione di effetti di deriva termica
- Tecnologia:
 - Elettronica analogica per la modulazione/demodulazione dei segnali in ampiezza e fase
 - Elettronica di campionamento (ADC e DAC) ad alta risoluzione (≥ 14 bit) per l'acquisizione dei segnali demodulati e la generazione dell'impulso RF pilota
 - Elettronica digitale (FPGA) per la rilettura e la regolazione di ampiezza e fase all'interno dell'impulso di radiofrequenza (pochi microsecondi)
 - Frequenze di interesse: 3-6-12 GHz

Possibilità di R&D e test nel contesto di TEX e Sparc nel breve periodo

Infrastruttura di ricerca presso LNF rivolta ad utenti esterni sia per attività di ricerca che commerciale

Cofinanziamento: budget totale del progetto **2.5M€** (1.6 Regione Lazio + 0.9 INFN)



Radio Frequenza

1. Test di strutture acceleranti e componenti RF a 12GHz 50 MW di picco -> TEX
2. Risposta in frequenza di dispositivi fino a 100 GHz a bassa potenza
3. Caratterizzazione di circuiti e segnali di bassa potenza nel dominio del tempo e frequenza fino a 20 GHz

Magnetic Measurements

1. Analisi armoniche di campi magnetici multipolari
2. Mappe di campo puntuali con sonda di Hall
3. Misure di campo magnetico e fiducializzazione
4. Design di elettromagneti e magneti permanenti.

Vacuum and Thermal Treatments

1. Trattamenti termici in ultra alto vuoto
2. Brasature in ultra alto vuoto
3. Misure di degasamento di campioni

Mechanical Integration

1. Ricostruzione CAD di edifici e impianti per gestione degli spazi e analisi d'integrazione
2. Survey dimensionali e ispezione dei componenti meccanici
3. Applicazione di reverse engineering

TEX facility – TEst stand for X-band at Frascati

- » The *TEst-stand for X-band (TEX)* is a facility conceived for R&D on high gradient X-band accelerating structures and waveguide components in view of Eupraxia@SPARC_LAB project. TEX is located in bld. 7 of LNF, which is being fully refurbished and upgraded.
- » TEX has been co-funded by INFN and Lazio regional government in the framework of the **LATINO project** (*Laboratory in Advanced Technologies for INnOvation*) to enhance collaboration with SME.
- » It is not only a facility for accelerating structures but also R&D for RF components, LLRF systems, Beam Diagnostics, Vacuum and Control System.



Concrete Bunker and Modulator Cage with the RF Source



Control room and Rack room



Contatti di riferimento

- Alimentatori magneti: Alessandro.Vannozzi@LNF.INFN.IT
- Stazioni RF di potenza: Fabio.cardelli@LNF.INFN.IT
- LLRF e amplificatori RF: Luca.Piersanti@LNF.INFN.IT
- Laser: Angelo.Biagioni@LNF.INFN.IT
- TEX facility: Stefano.Pioli@LNF.INFN.IT



Grazie per l'attenzione !

ruggero.ricci@LNF.INFN.IT

Resp. servizio Impianti Elettrici – Divisione Tecnica e dei Servizi Generali

Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN