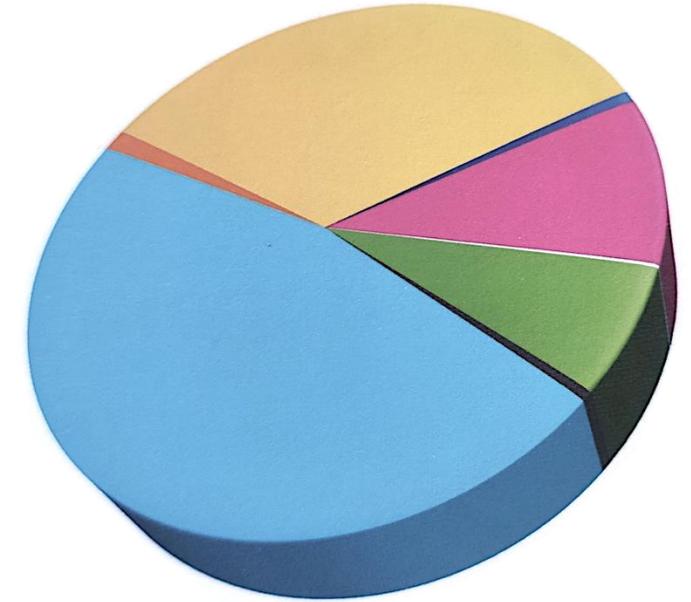
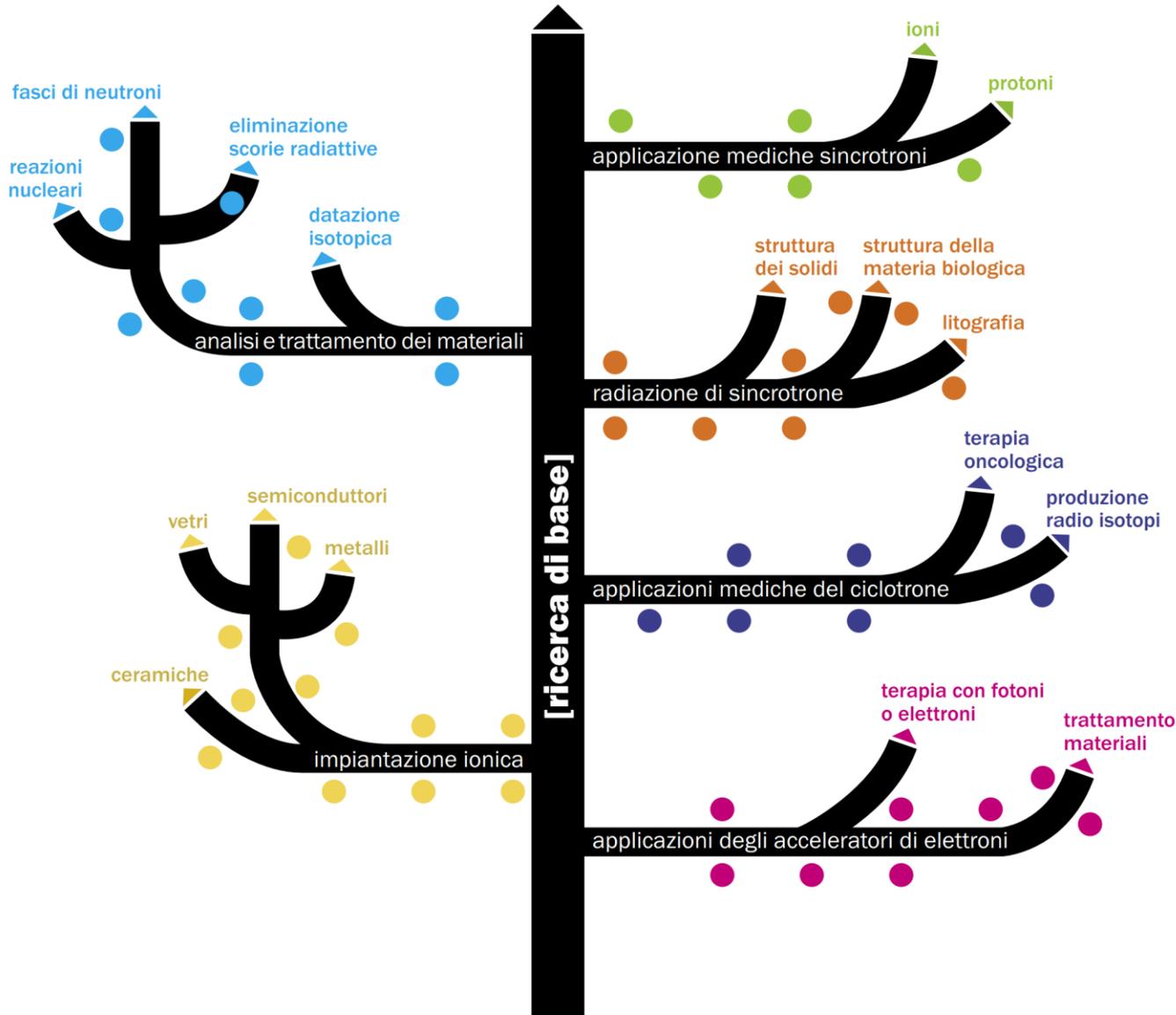


Gli acceleratori di particelle

Michele Bertucci
Illya Drebot

A che cosa servono



Acceleratori nel mondo **TOTALE: ~ 35.000**

	impiantazione ionica e modificazione di superfici	~ 16.300
	radioterapia	~ 11.700
	industria	~ 3.500
	ricerca non nucleare	~ 2.300
	produzione di isotopi medicali	~ 470
	ricerca di fisica nucleare e delle particelle	~ 250
	sorgenti di radiazione di sincrotrone	~ 160
	adroterapia	47

Come funzionano

1. Le particelle sono accelerate dai campi elettrici:

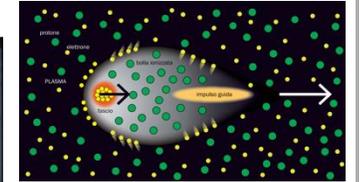
$$\vec{F} = q\vec{E} \text{ (Forza elettrica)}$$

Cavità RF



1 meter

Onda di plasma



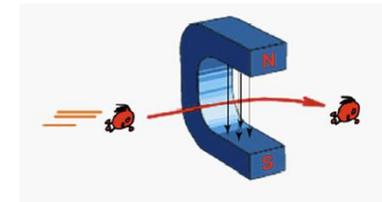
Acc. in dielettrico



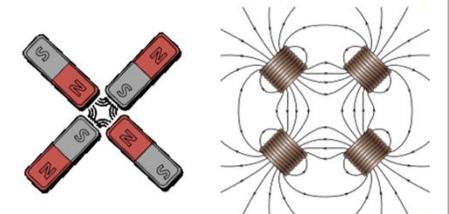
2. Le particelle sono fatte curvare dai campi magnetici:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \text{ (Forza di Lorentz)}$$

Dipoli

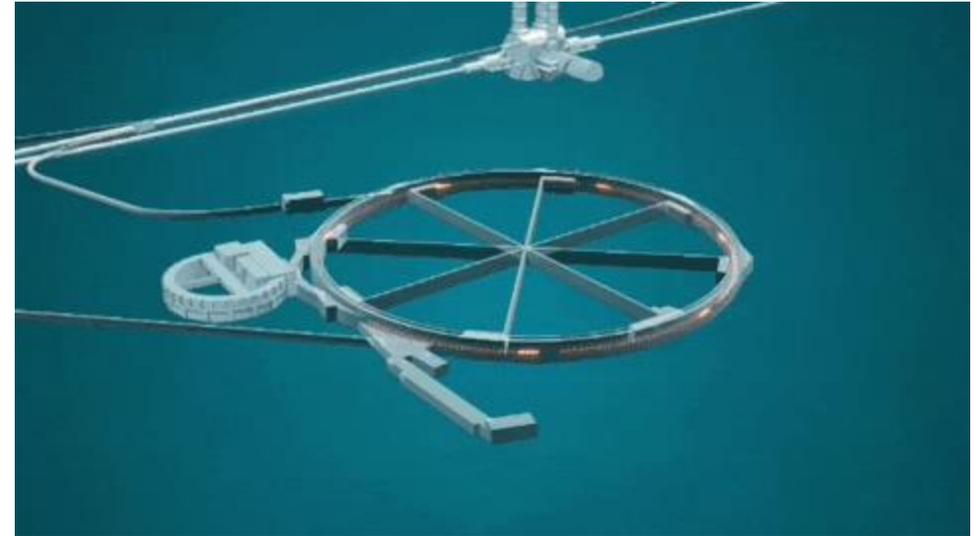


Quadrupoli



Le particelle devono avere carica!

Un esempio: LHC



- Ospita esperimenti come ATLAS, CMS, ALICE e LHCb, per esplorare la fisica delle alte energie: ha portato alla scoperta del **bosone di Higgs** nel 2012.
- Acceleratore circolare da 27 km che sfrutta **magneti SC** per guidare fasci di protoni a (quasi) la velocità della luce e **cavità RF SC** per accelerarli con efficienza.

Il laboratorio LASA INFN

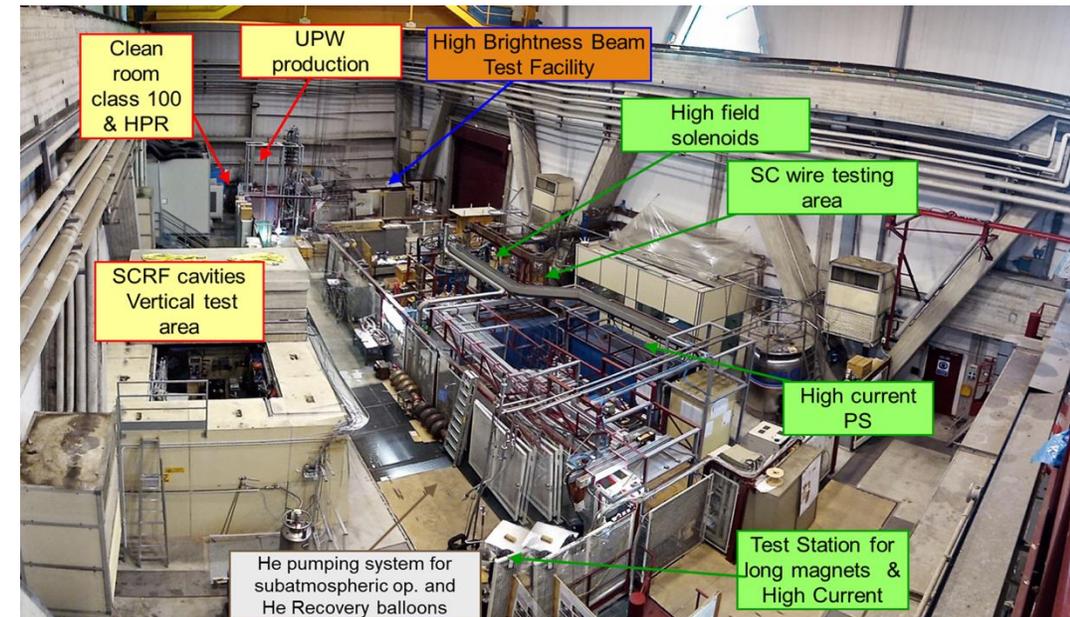


- Il laboratorio LASA (Laboratorio Acceleratori e Superconduttività Applicata) a Segrate (Milano), è da 30 anni un centro di eccellenza riconosciuto a livello internazionale nel campo delle tecnologie per acceleratori di particelle:
- superconduttività, criogenia, generazione di campi elettromagnetici ad alta intensità in corrente continua (DC) e in radiofrequenza (RF).

E' coinvolto nei principali progetti internazionali per acceleratori:

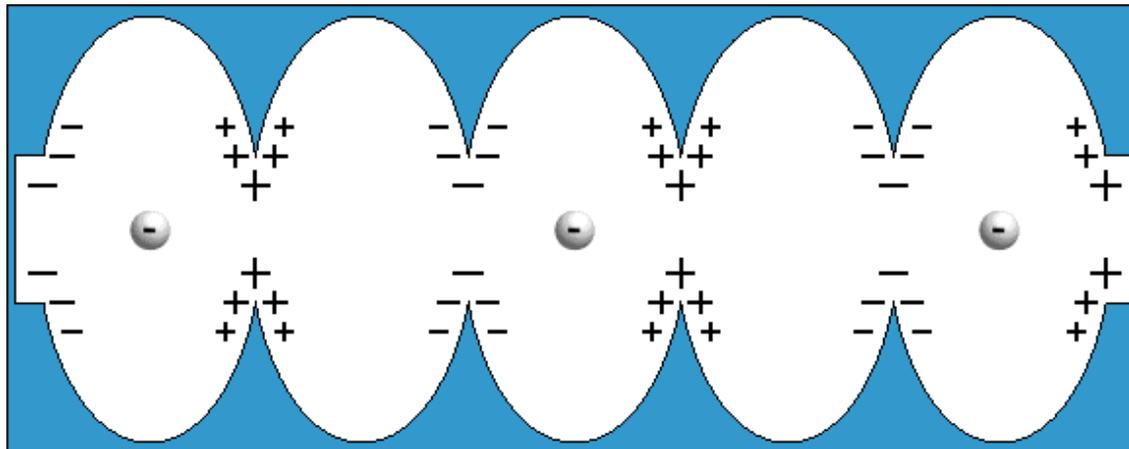
- HiLumi LHC
- ESS (European Spallation Source)
- PIP-II (Proton Improvement Plan II)

Contribuisce inoltre alla ricerca e sviluppo per i futuri collisori: FCC, MuCol, ILC e altri.



La missione del gruppo SRF del LASA

- **progettazione, realizzazione e caratterizzazione** di sistemi acceleranti superconduttivi a radiofrequenza, per vari progetti internazionali, tra cui:
 - European-XFEL: free electron laser per vari esperimenti (diagnostica sui materiali, biologia molecolare, chimica,...)
 - ESS: sorgente di neutroni a spallazione (imaging, tomografie neutroniche,..)
 - PIP-II: ricerca fondamentale nella fisica del neutrino
- Cavità superconduttive in radiofrequenza: strutture acceleranti che servono per trasferire **energia** a particelle (protoni, elettroni,...)



La particella «cavalca»
il fronte d'onda
accelerante (campo
elettrico positivo) e
guadagna energia



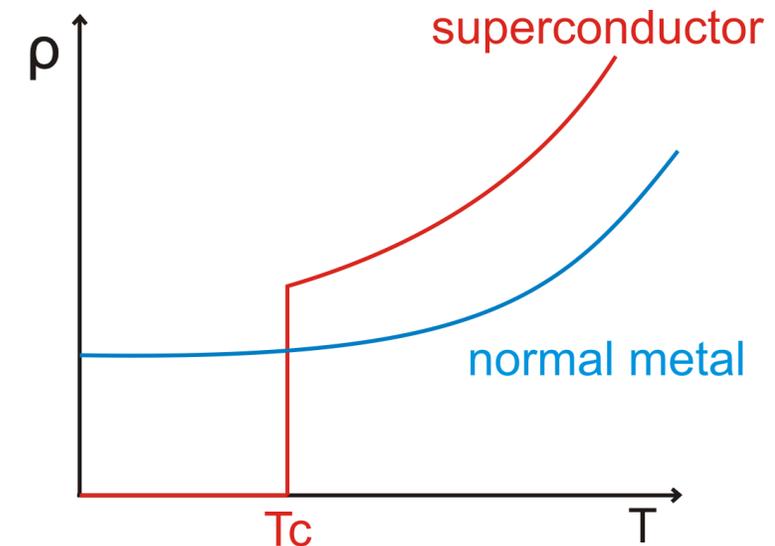
Cosa è la Superconduttività

- Certi metalli, al di sotto della temperatura critica, diventano **superconduttivi**:
- La loro resistenza elettrica diventa quasi nulla
- Al di sotto del campo critico, espellono completamente il campo magnetico esterno (effetto **Meissner**)
- In presenza di campi variabili, il campo penetra solo su uno spessore estremamente sottile (pochi nm)



Niobio:

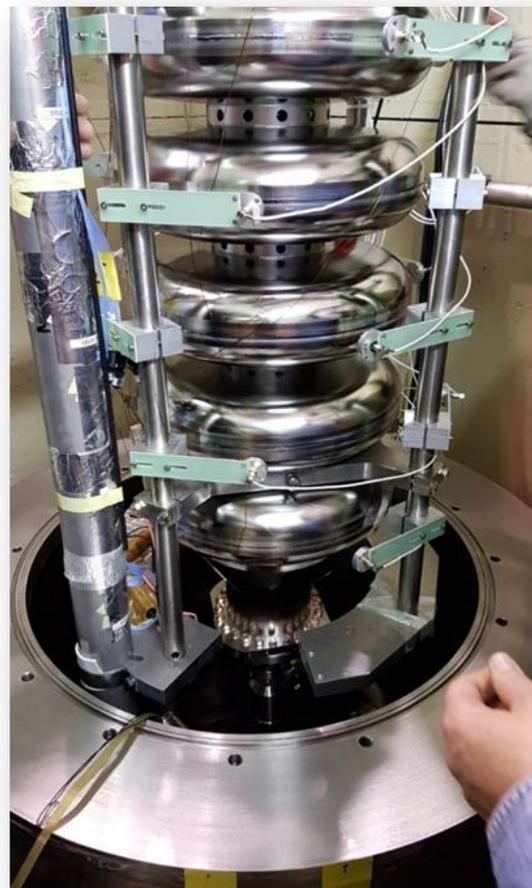
- Temperatura critica=9.2K
- Campo critico=200 mT (gradiente 50-60 MV/m) molto più alto di acceleratori elettrostatici)
- Resistenza superficiale di 10 nΩ: 10.000× più bassa del rame → anche con la criogenia, risparmio energetico >100×!



Attività del gruppo SRF al LASA



Preparazione cavità per il test



Inserimento nel criostato

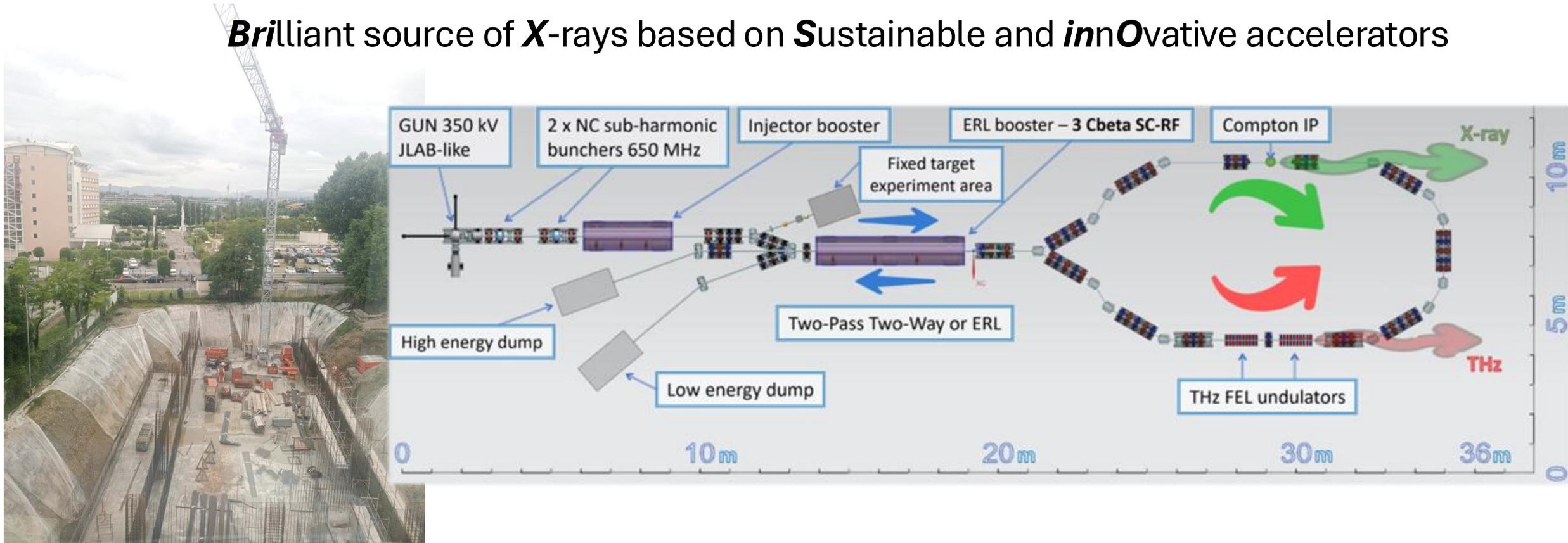
Chiusura del criostato



Il LASA nel futuro: BriXSinO



Brilliant source of **X-rays** based on **Sustainable** and **innOvative** accelerators



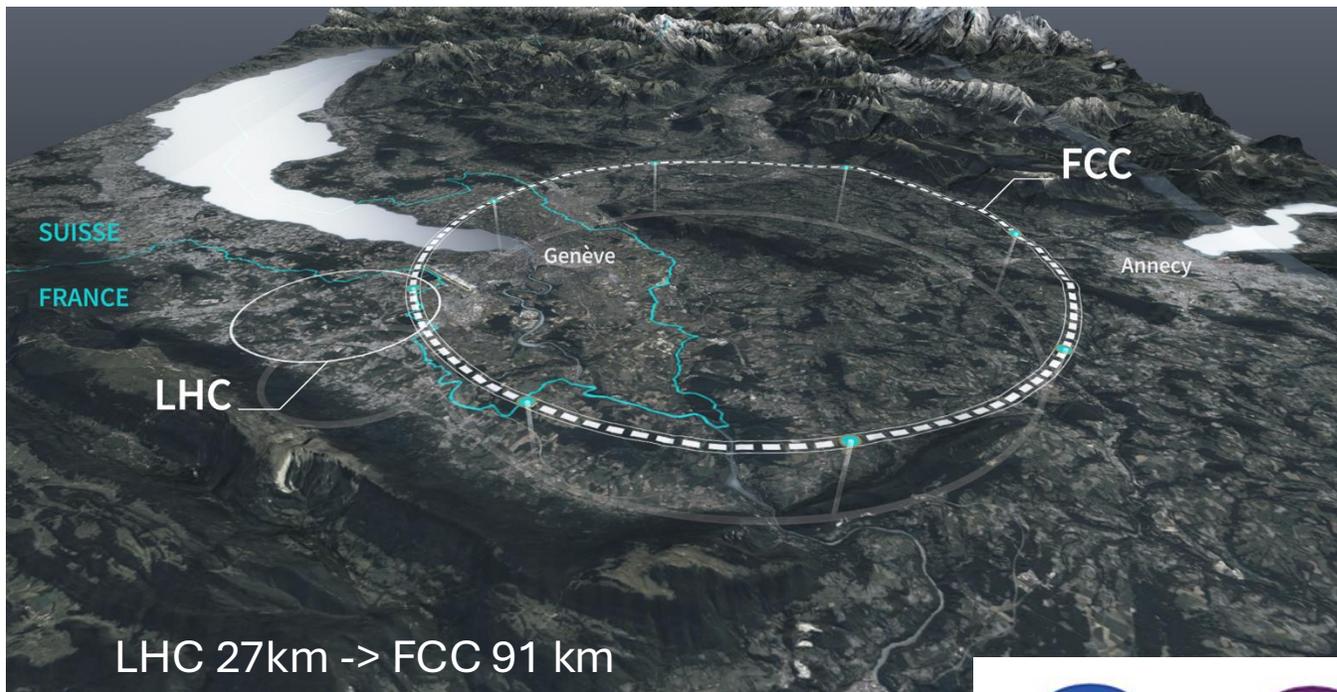
Due modalità principali di funzionamento:

- Come ERL (Energy Recovery Linac) per sorgente di luce con energia degli elettroni di circa 45 MeV
- Doppia accelerazione fino a 80 MeV

Due sorgenti di luce installate sull'arco :

- Raggi X da scattering Compton
- Oscillatore FEL per radiazione nel THz

FCC: il Future Circular Collider



Il primo ciclotrone di Lawrence:

- operativo il 2 gennaio 1931
- 4,5 pollici (11 cm)
- Accelerava protoni fino a un'energia di 80 keV

L'anello del FCC:

- Operativo verso il 2070
- 91 km
- Accelererà protoni fino a un'energia di 80 TeV!
(un miliardo di volte tanto)

