

A patient is lying on a treatment table in a medical room. A large white machine, likely a linear accelerator, is positioned around the patient. The room has wood-paneled walls and a tiled floor with circular vents. The text is overlaid in a bold, 3D, orange-yellow font.

**Dal mondo degli acceleratori di
particelle alla cura dei tumori
con l'adroterapia**

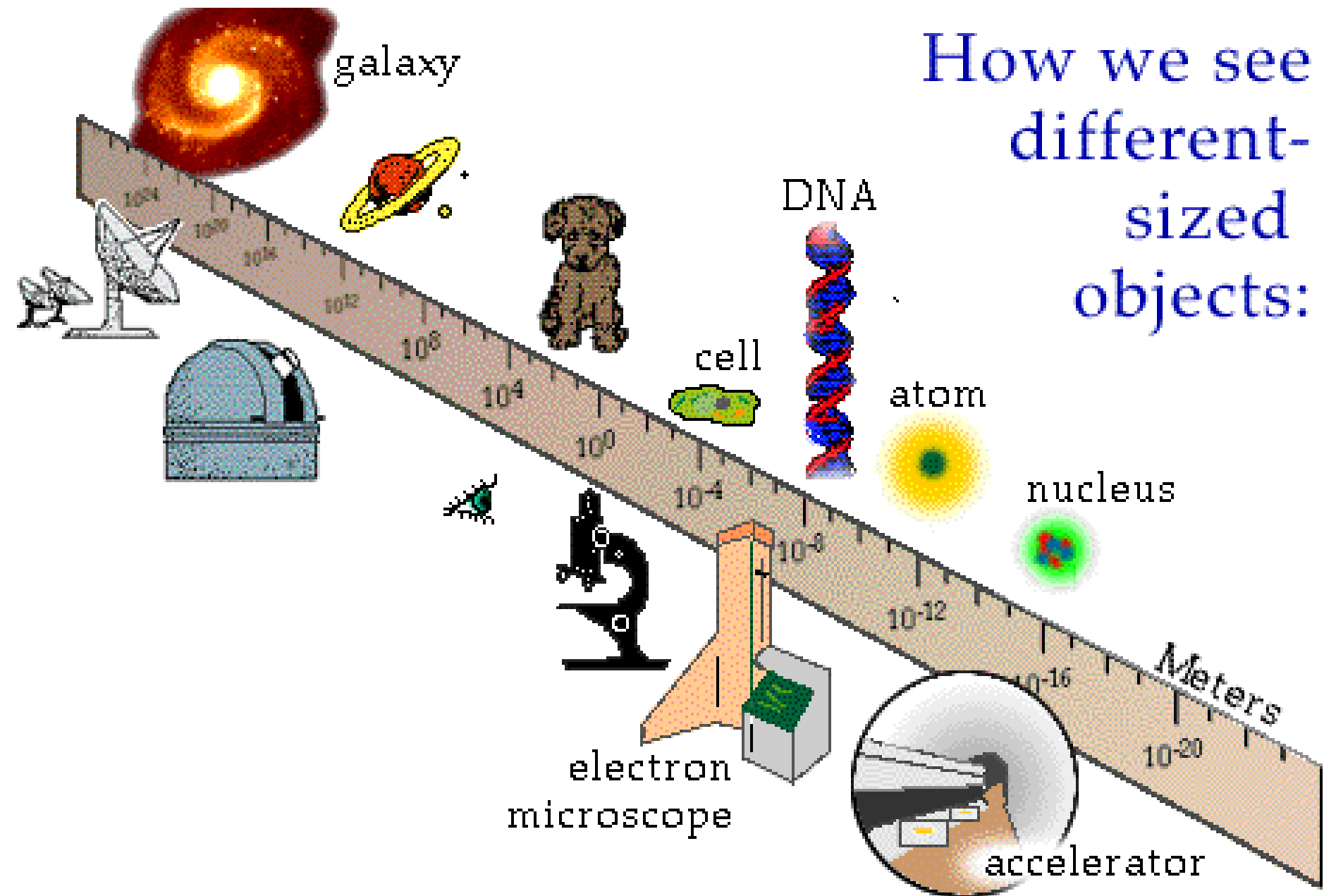
**Catalina Curceanu,
LNF-INFN, Frascati**

Open Day, LNF-INFN 17 maggio 2014

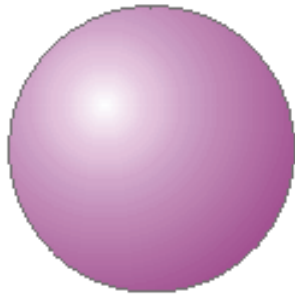




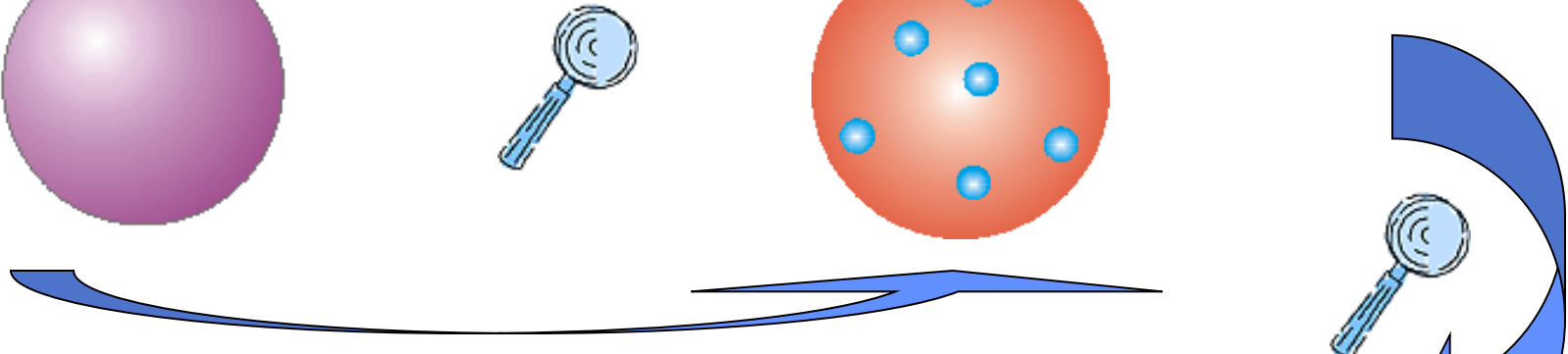
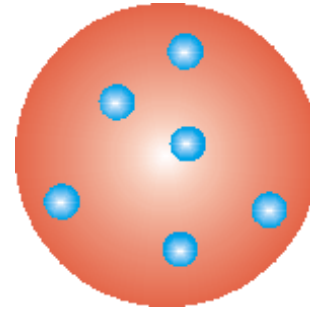
How we see different- sized objects:



L'atomo all'inizio del '900



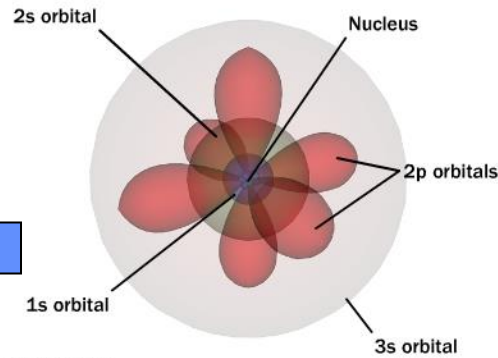
L'atomo di Thompson



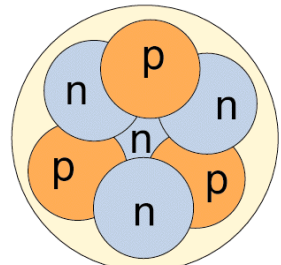
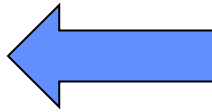
L'atomo di Rutherford e Bohr



L'atomo quantistico

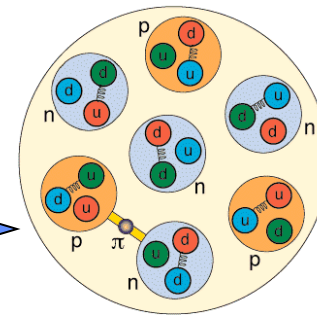


©2001 How Stuff Works



1.6 fm
4.8 fm

La struttura del nucleo

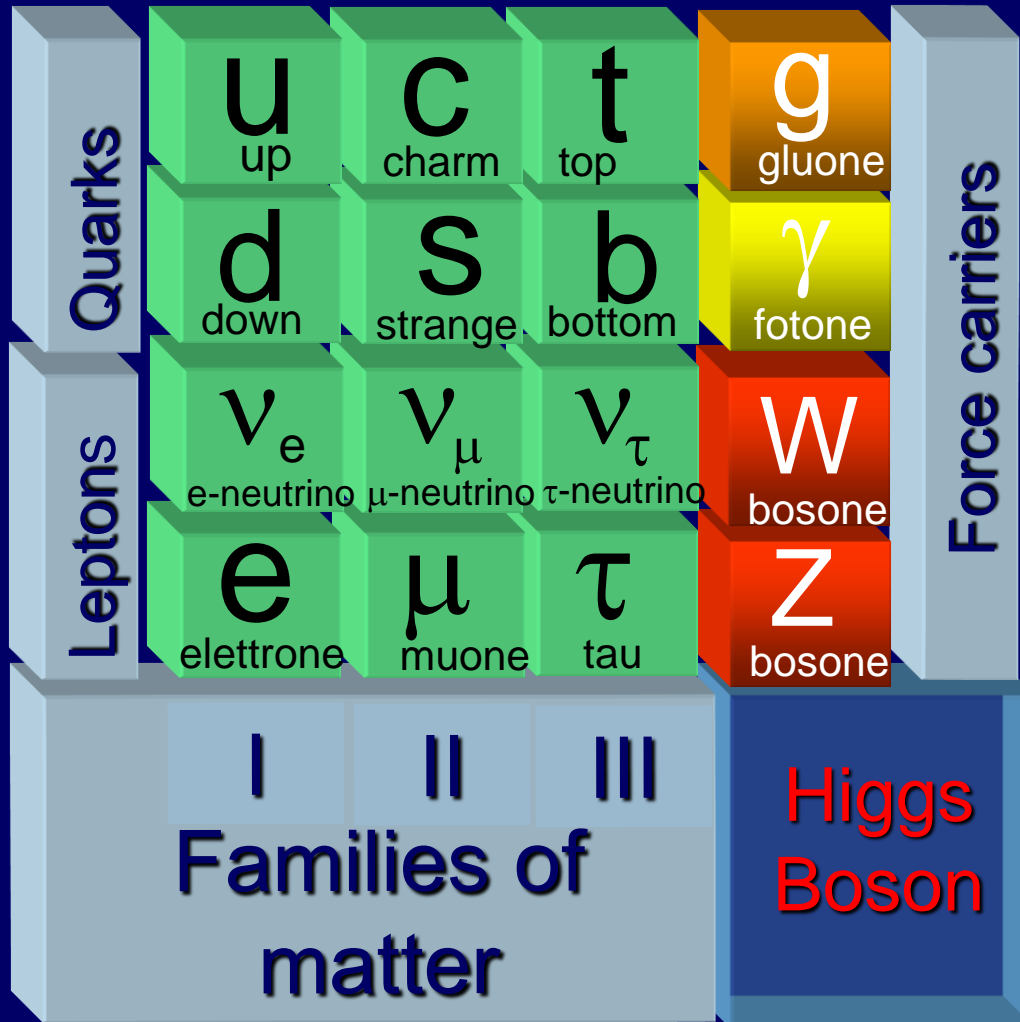


Il nucleo oggi

The Standard Model

Fermions

Bosons



Gravity



The...
“opera
Ghost”



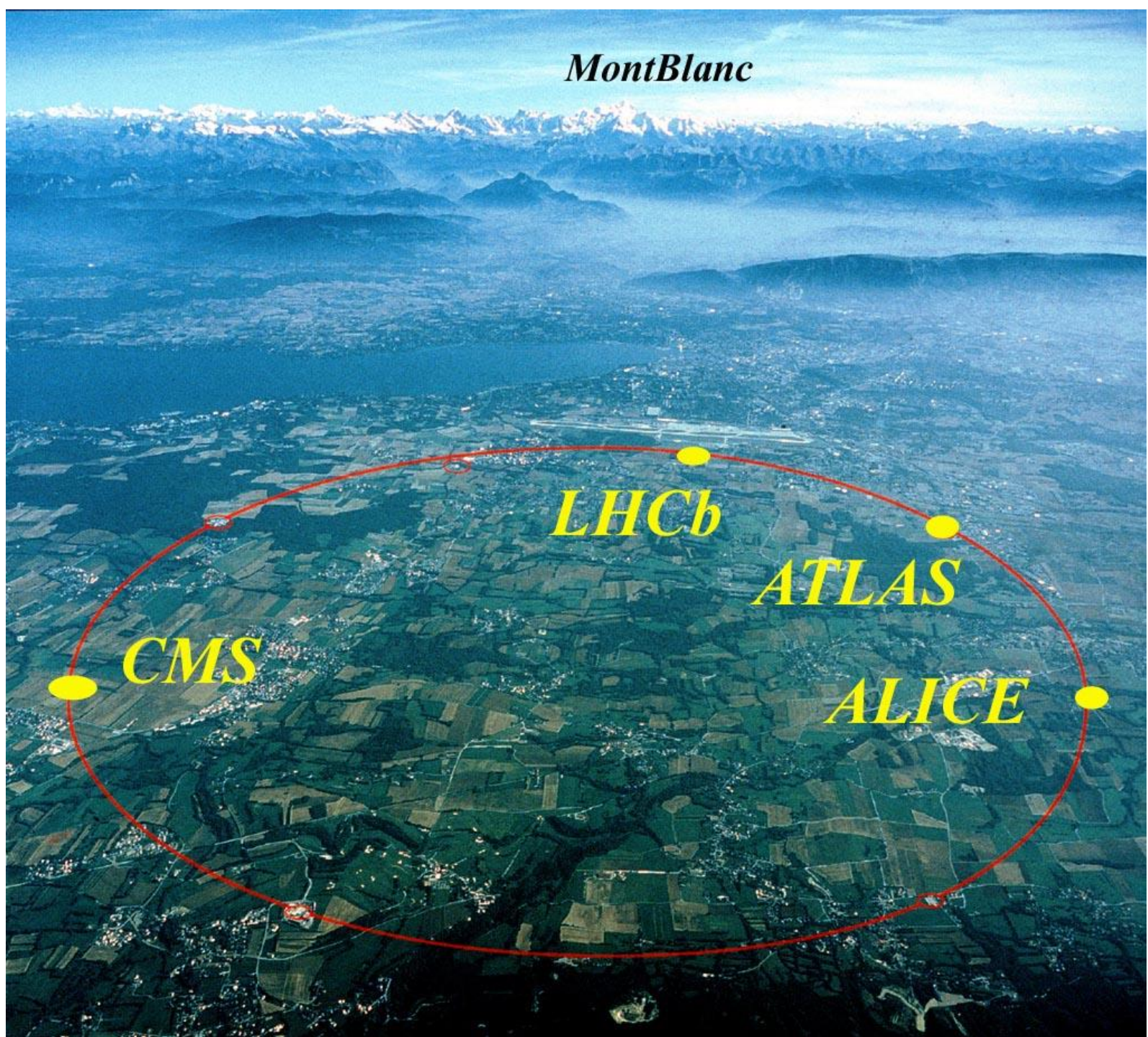
Particle-antiparticle colliders

LEP at CERN 1988



LHC at Cern (Geneve) 2008

MontBlanc



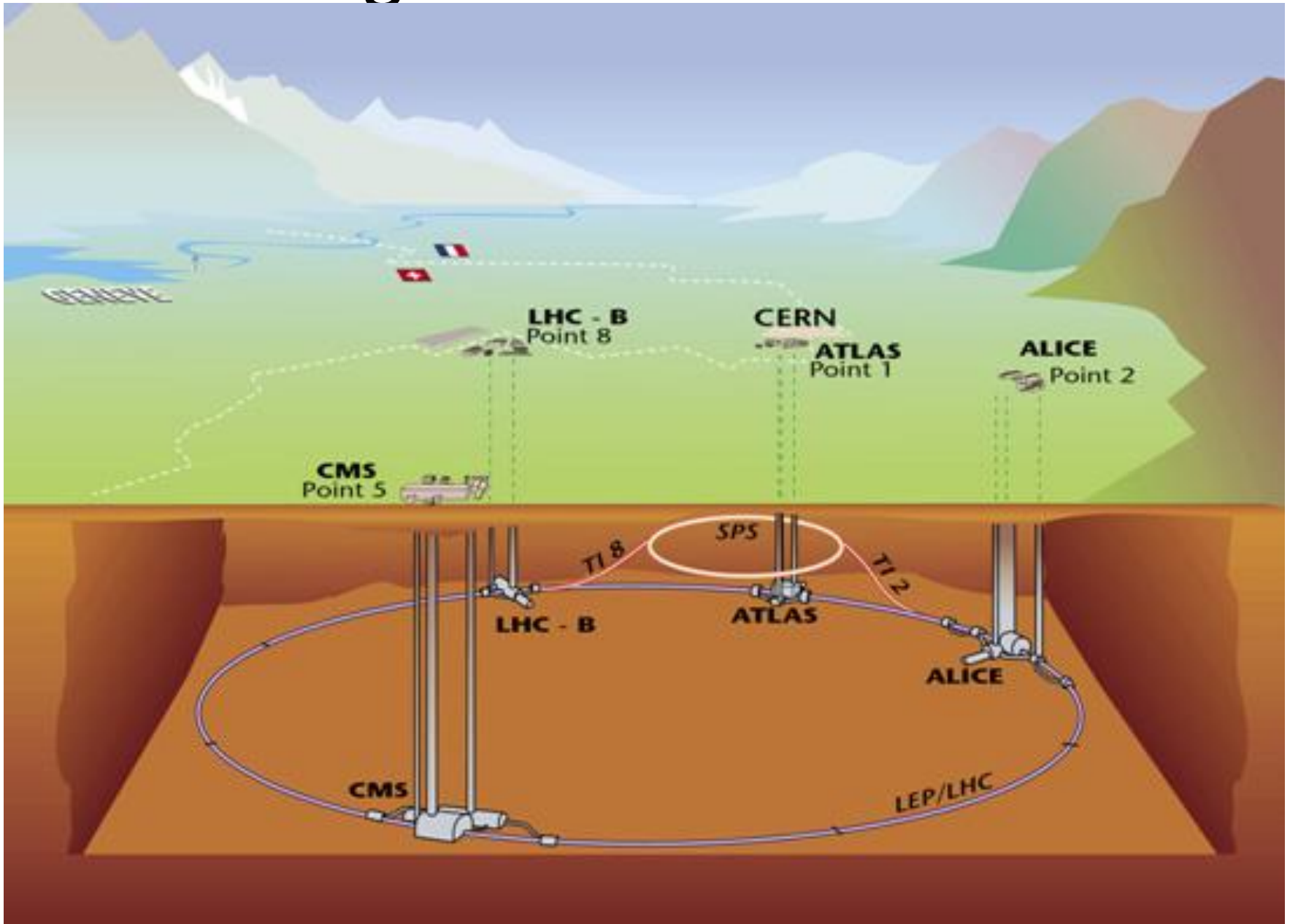
CMS

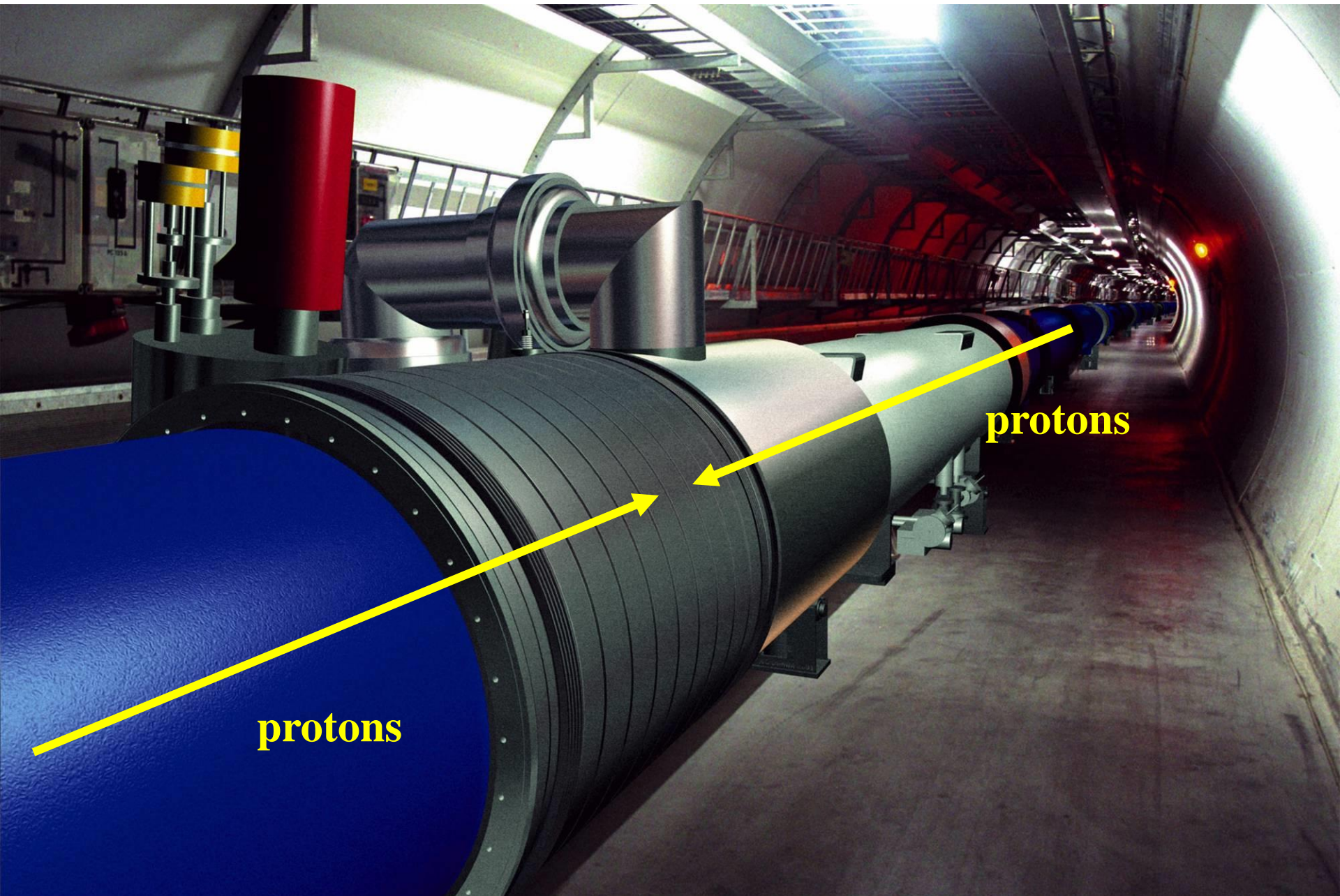
LHCb

ATLAS

ALICE

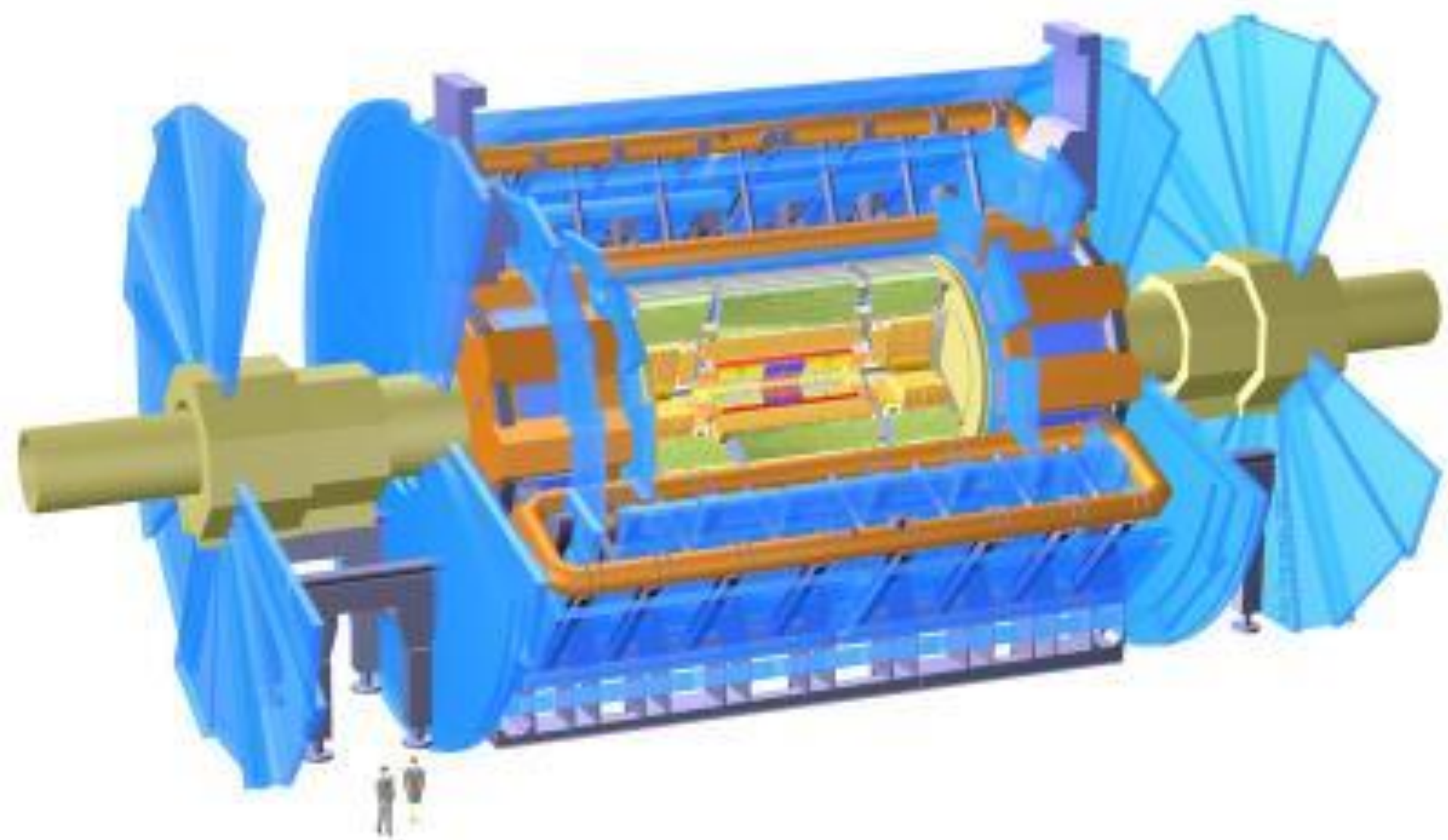
Large Hadron Collider

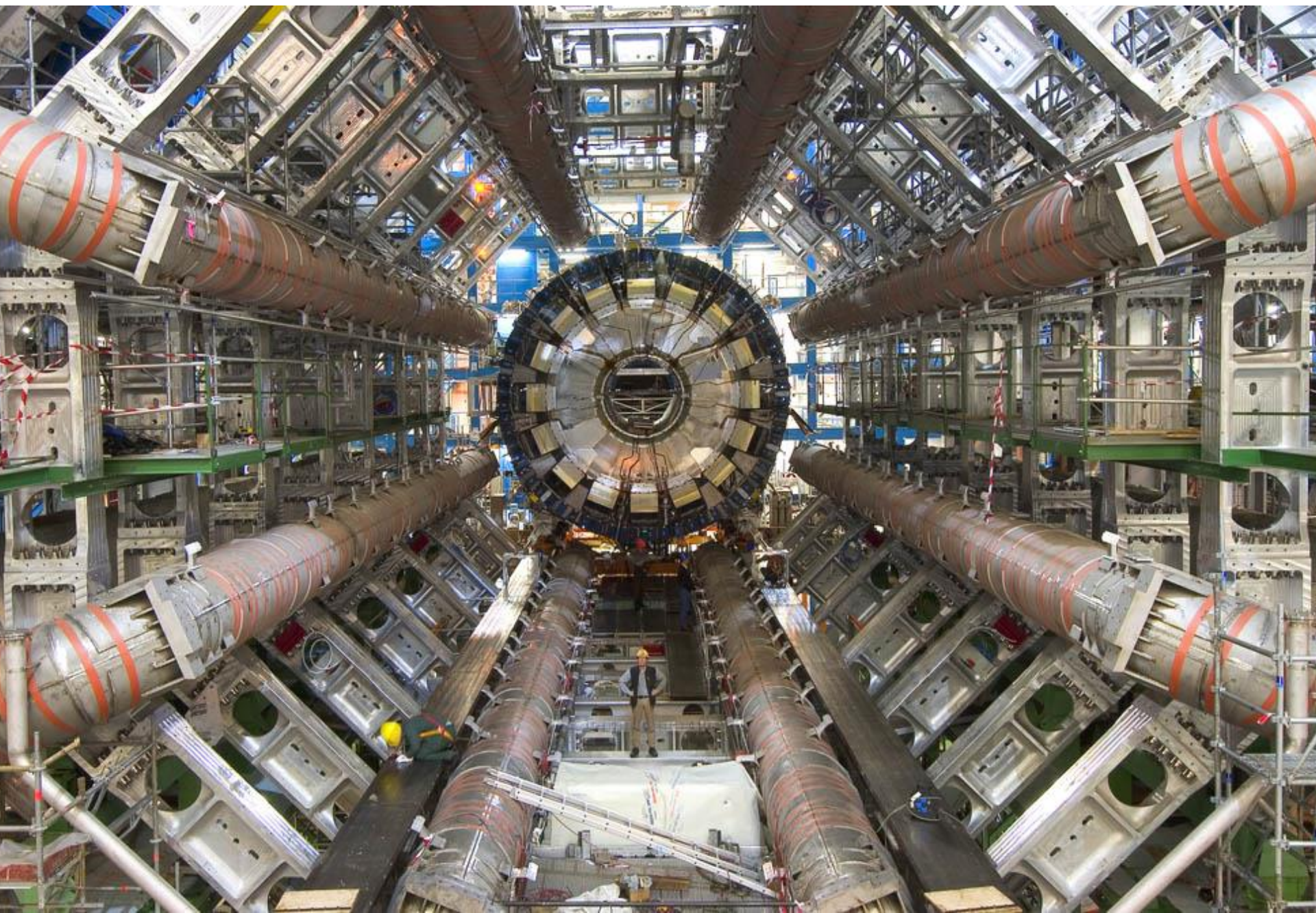




protons

protons

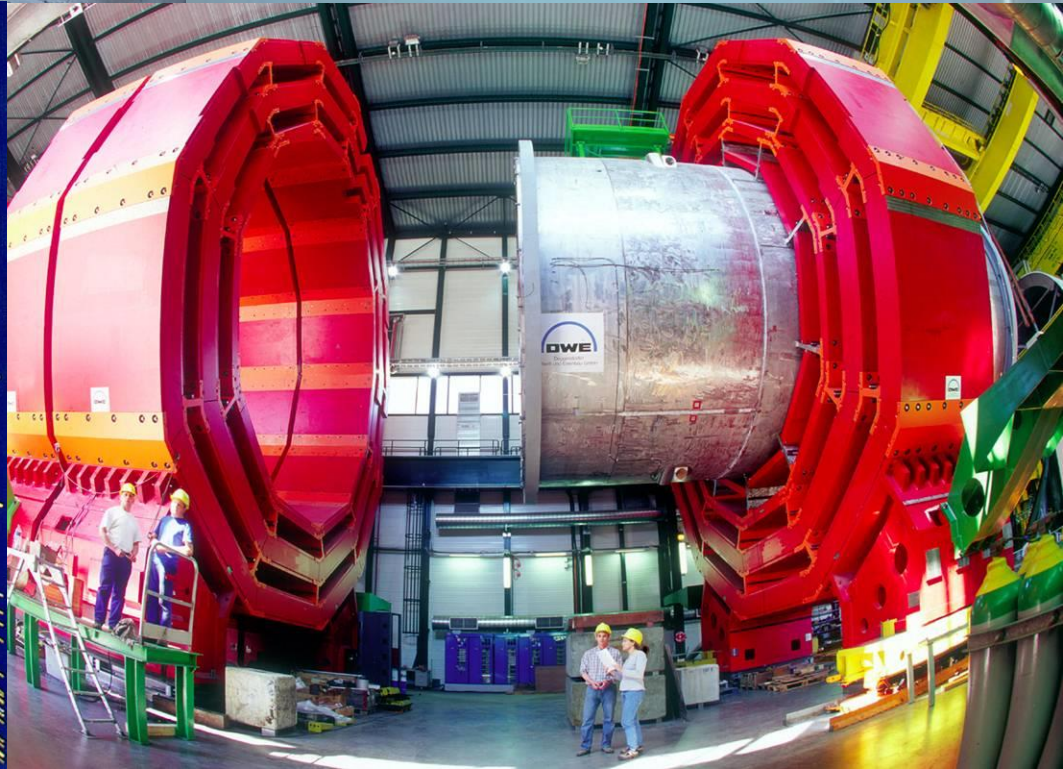
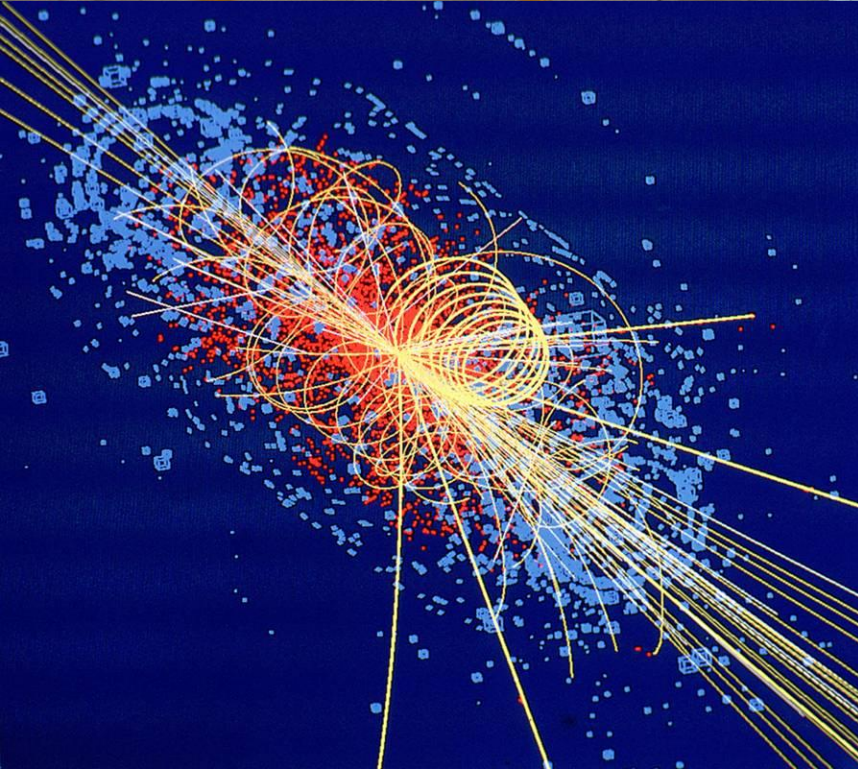








The particle accelerators and the huge detectors are demanding technological breakthrough effort as space research does





$$(\mathcal{D}_\mu \phi)^\dagger \mathcal{D}^\mu \phi - \mathcal{V}(\phi) - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$$

$$\mathcal{D}_\mu \phi = \partial_\mu \phi - ie A_\mu \phi$$

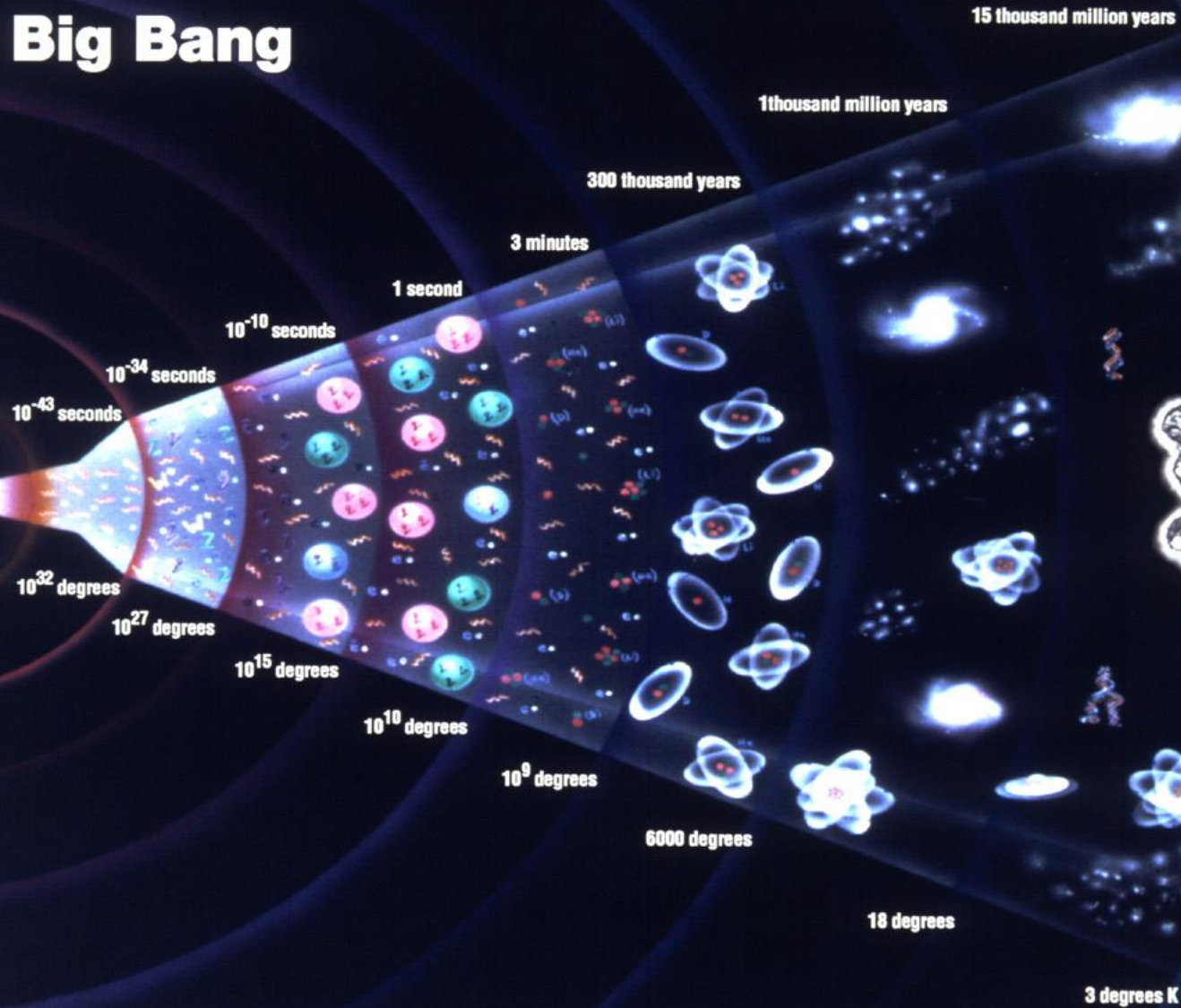
$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$$


$$\mathcal{V}(\phi) = \alpha \phi^\dagger \phi + \beta (\phi^\dagger \phi)^2$$

$$\alpha < 0, \beta > 0$$


La storia dell'Universo

Big Bang





E' molto interessante
signor Faraday, ma qual è
il valore pratico di ciò?



Un giorno, signor ministro,
il governo potrebbe metter-
ci sopra una tassa

L'ADROTERAPIA è un tipo particolare di radioterapia che impiega fasci di particelle cariche (protoni o ioni carbonio) in alternativa alle terapie convenzionali (raggi x, gamma o neutroni).

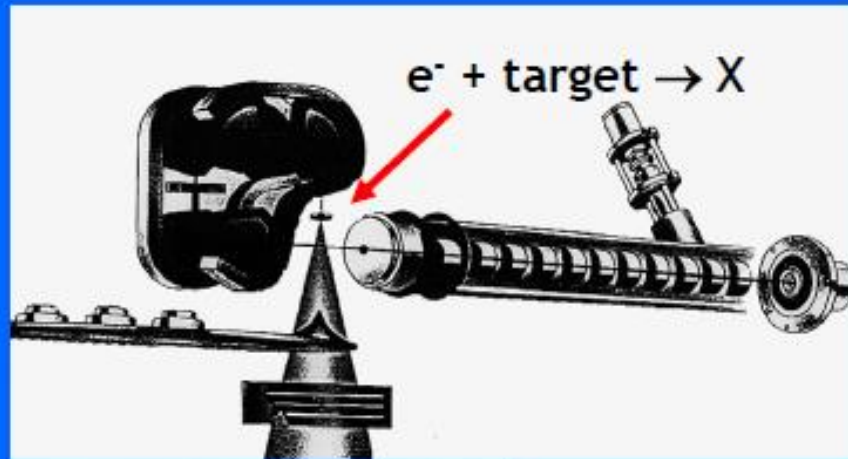
La produzione di questi fasci di particelle è complessa ma essi permettono di irradiare il bersaglio tumorale, risparmiando i tessuti sani, meglio di quanto sia possibile fare con le tecniche basate sui raggi X

Viviana Mutti (CNAO)

Perché l'Adroterapia?

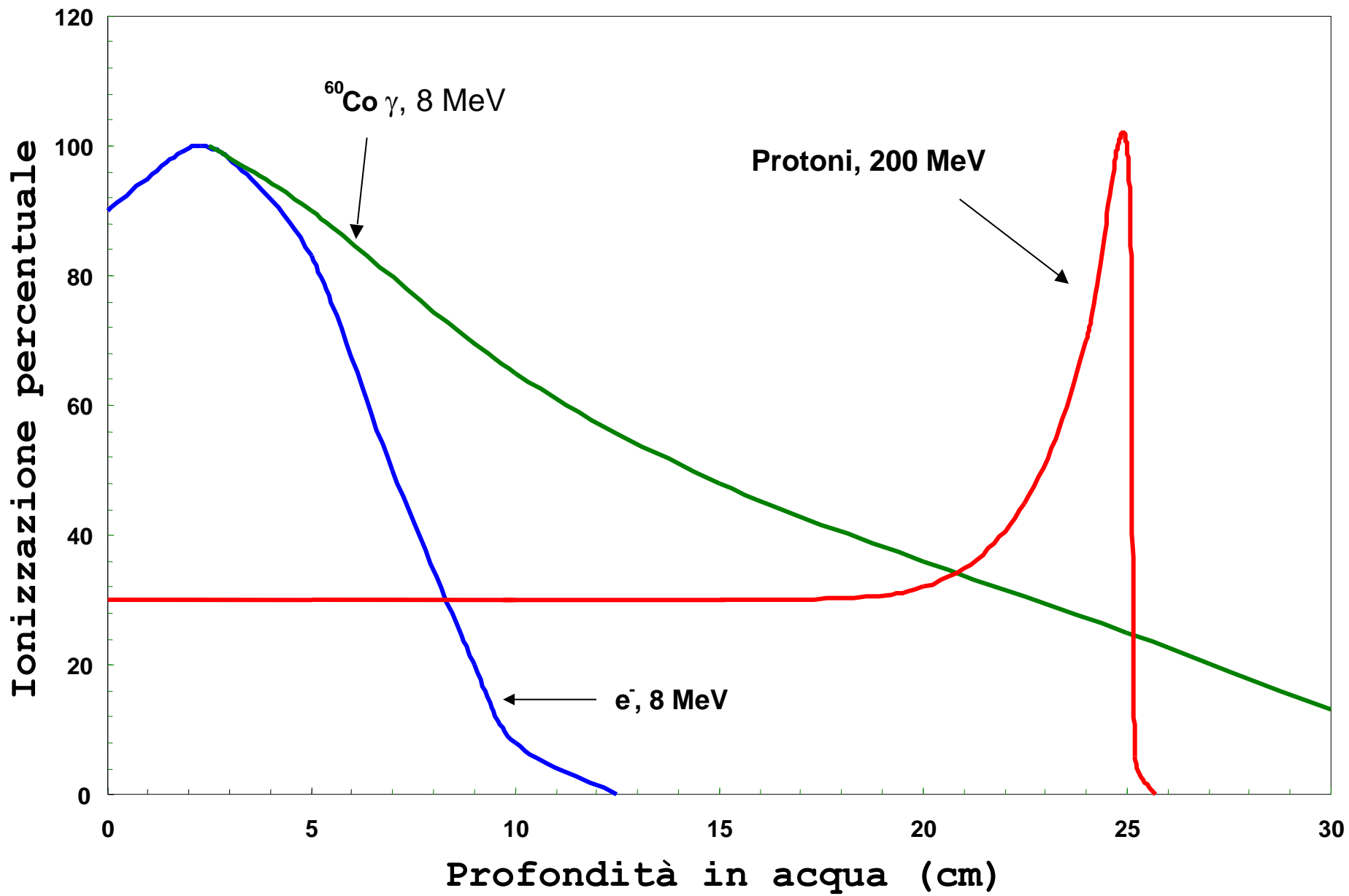
- **Gli Adroni (protoni e ioni carbonio) permettono di ottenere delle distribuzioni di dose migliori di quelle ottenibili con le più sofisticate tecniche che impiegano i raggi X**
- **Gli ioni carbonio, in particolare, hanno una maggior capacità di distruggere cellule tumorali resistenti ai raggi X**
- **Il meccanismo di rilascio dell'energia per gli adroni causa una grande quantità di rotture nei legami chimici presenti nelle macromolecole biologiche, in particolare nel DNA. Quest'ultimo ha la proprietà di autoripararsi, ma se il numero di legami rotti è eccessivo perde la sua funzione di auto replicarsi e la cellula si inattiva e muore. Nella radioterapia tradizionale il danno al DNA è modesto e ciò non si verifica nell'adroterapia con ioni carbonio nella quale il gran numero di rotture permette di distruggere anche tumori radioresistenti alla terapia tradizionale.**

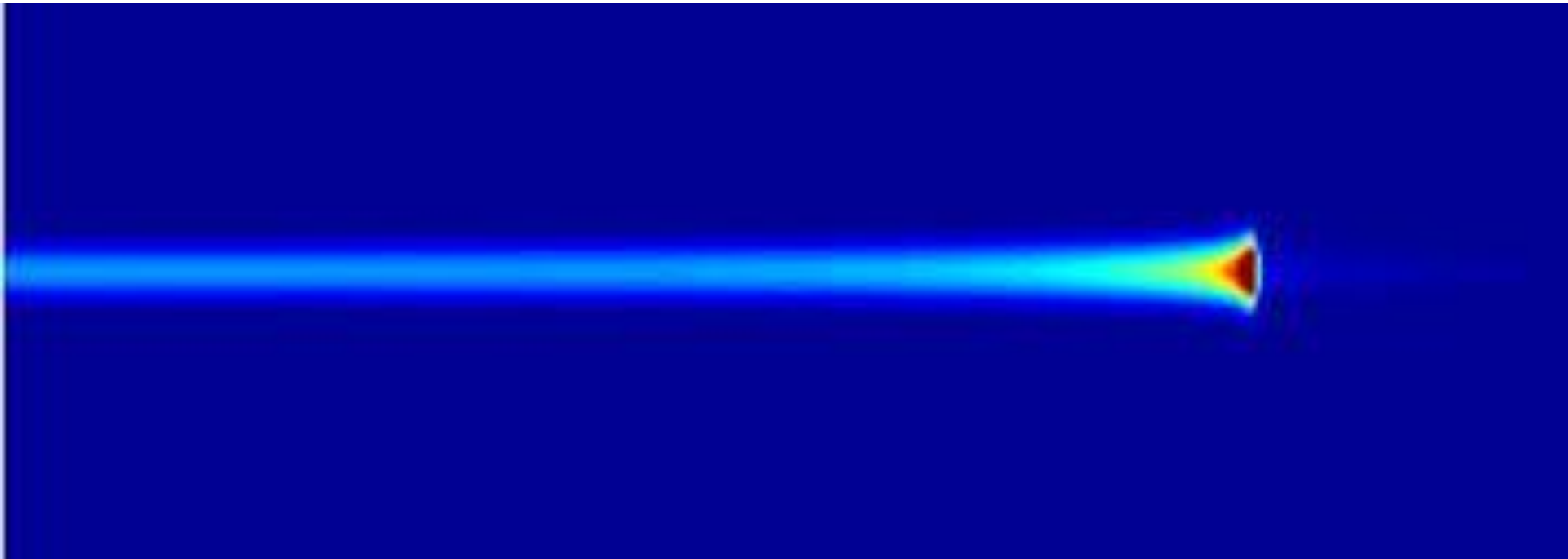
GLI STRUMENTI DELLA RADIOTERAPIA CONVENZIONALE

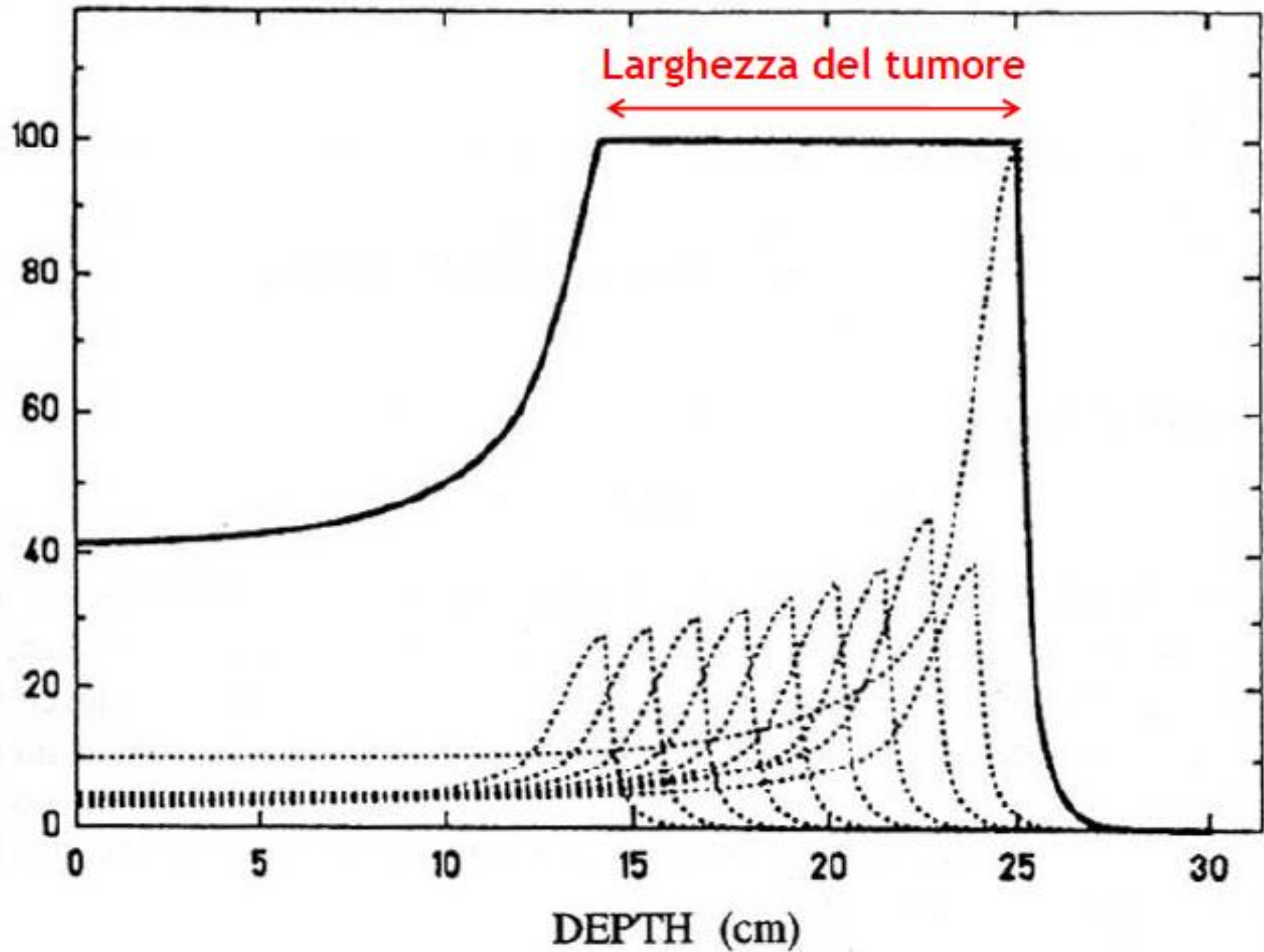


**circa 200
linac negli
ospedali italiani**

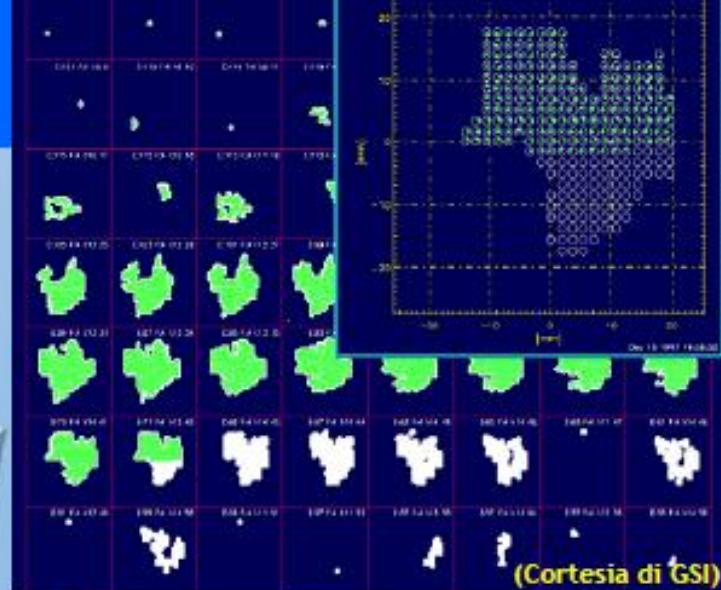
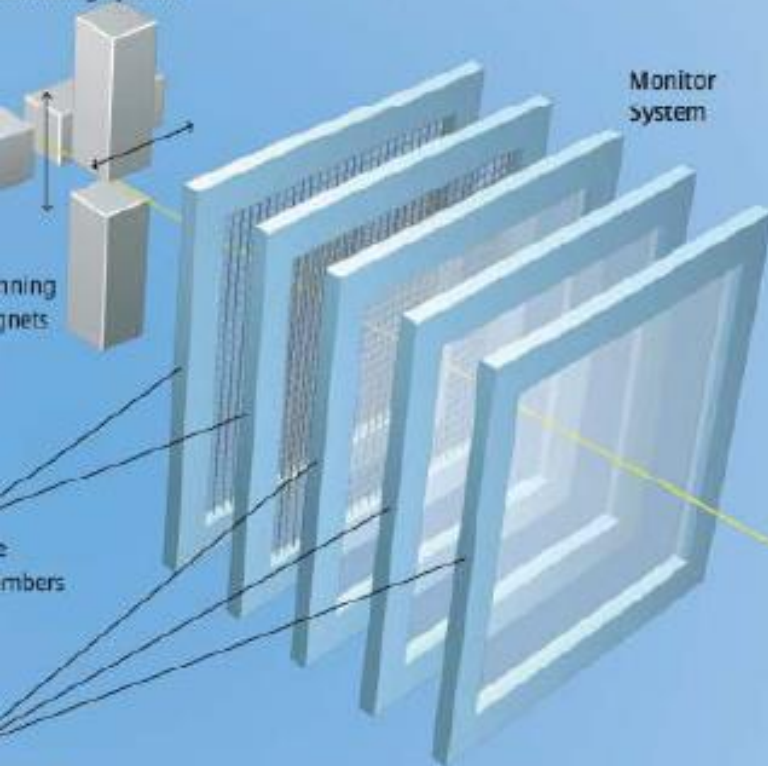
**120'000
pazienti all'anno**







Scanning System

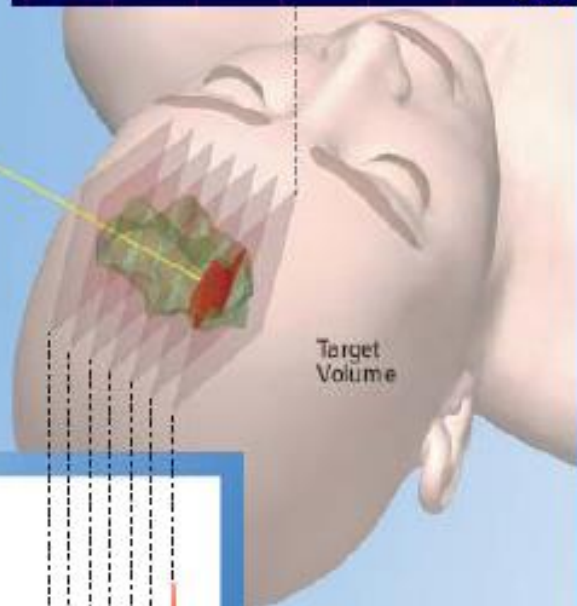
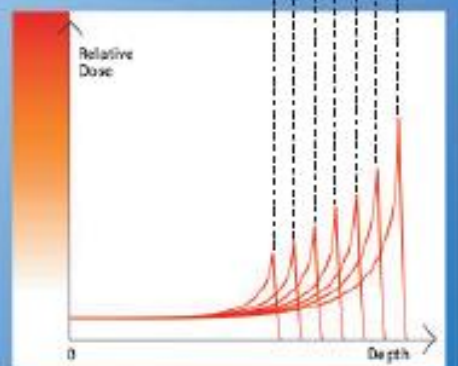


Tecnica di irraggiamento sistema attivo

Example:

Depth 5 cm:
Proton 80 MeV
Carbon 150 MeV/u

Depth 25 cm:
Proton 195 MeV
Carbon 380 MeV/u

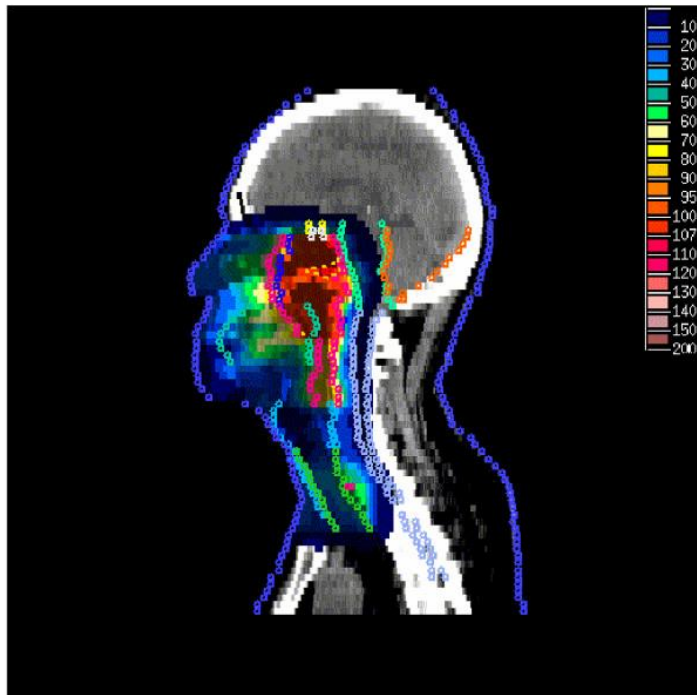
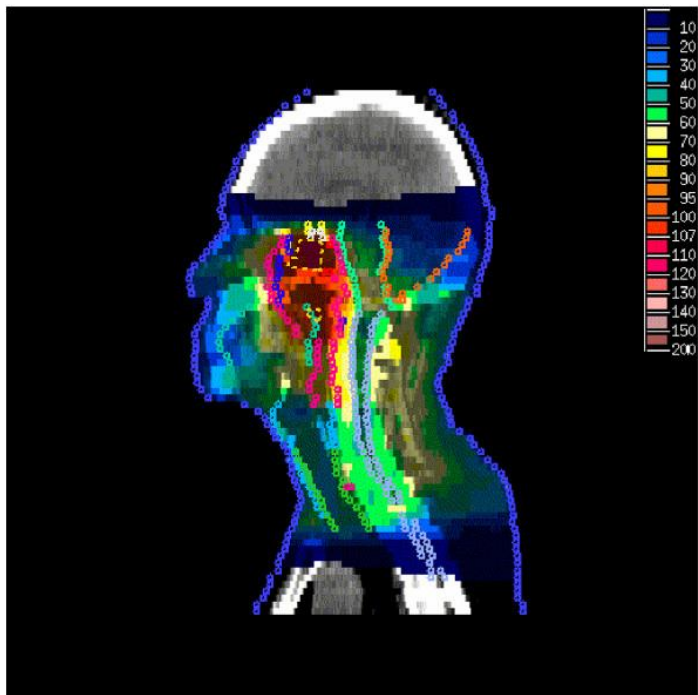
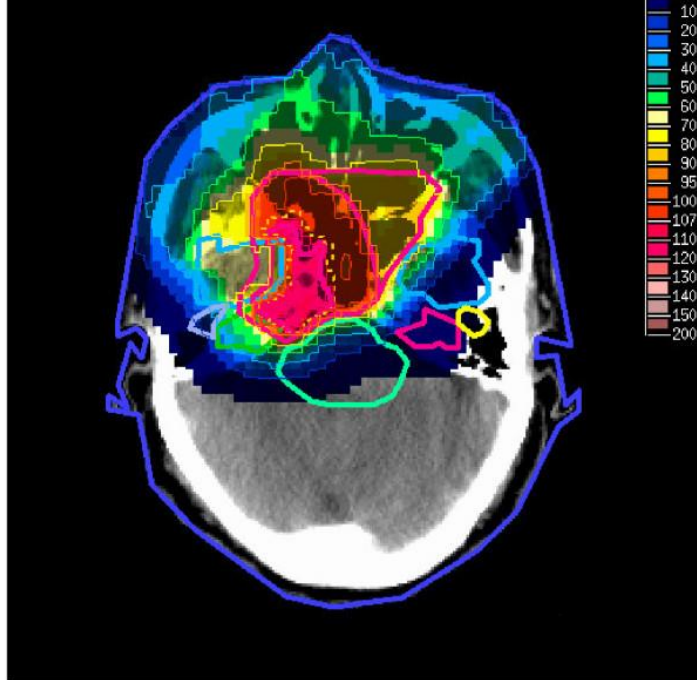
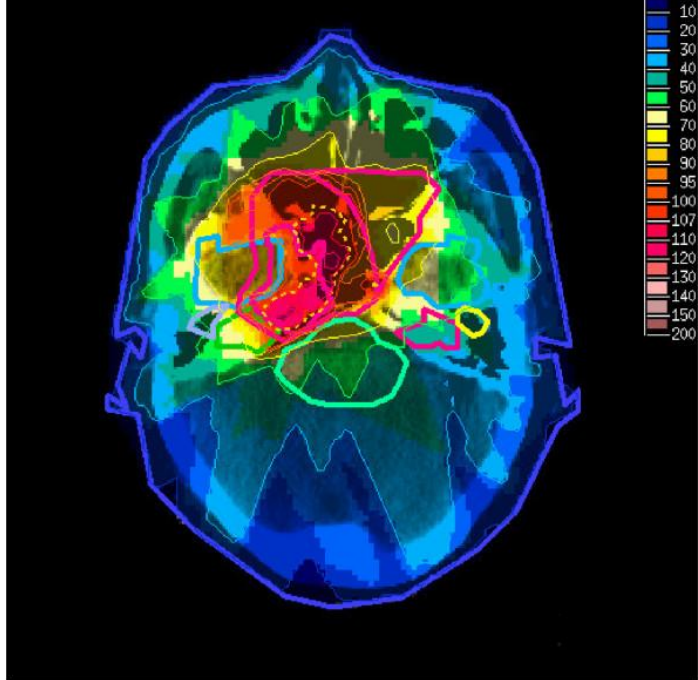


Di conseguenza

l'adroterapia consente di trattare casi "difficili"

Tumori vicini ad organi critici

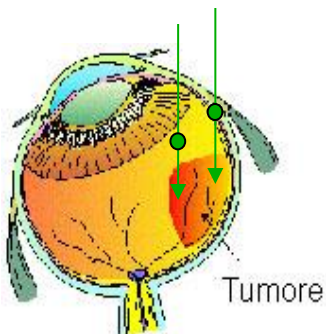
Tumori radioresistenti,
che non rispondono alla radioterapia convenzionale



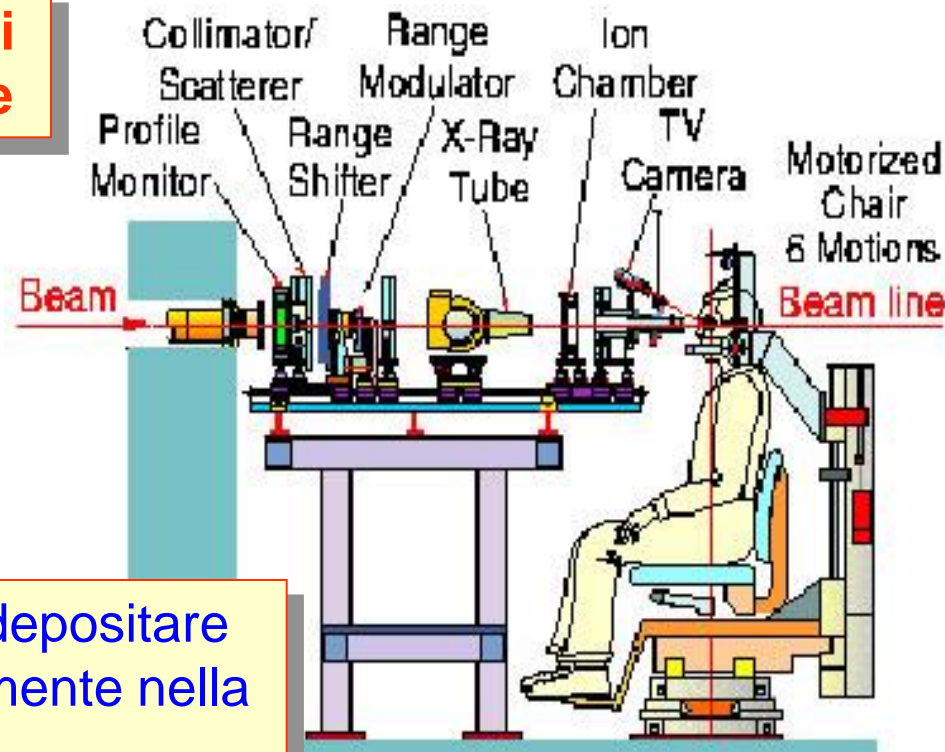
Adroterapia

Gli "Adroni" possono essere usati nella terapia di forme tumorali particolari. Infatti portati all'energia giusta da una macchina acceleratrice, sono in grado di danneggiare i tessuti malati soltanto alla fine del loro percorso nel corpo del paziente, in corrispondenza del tumore stesso

I melanomi oculari sono curabili quasi esclusivamente con terapie adroniche

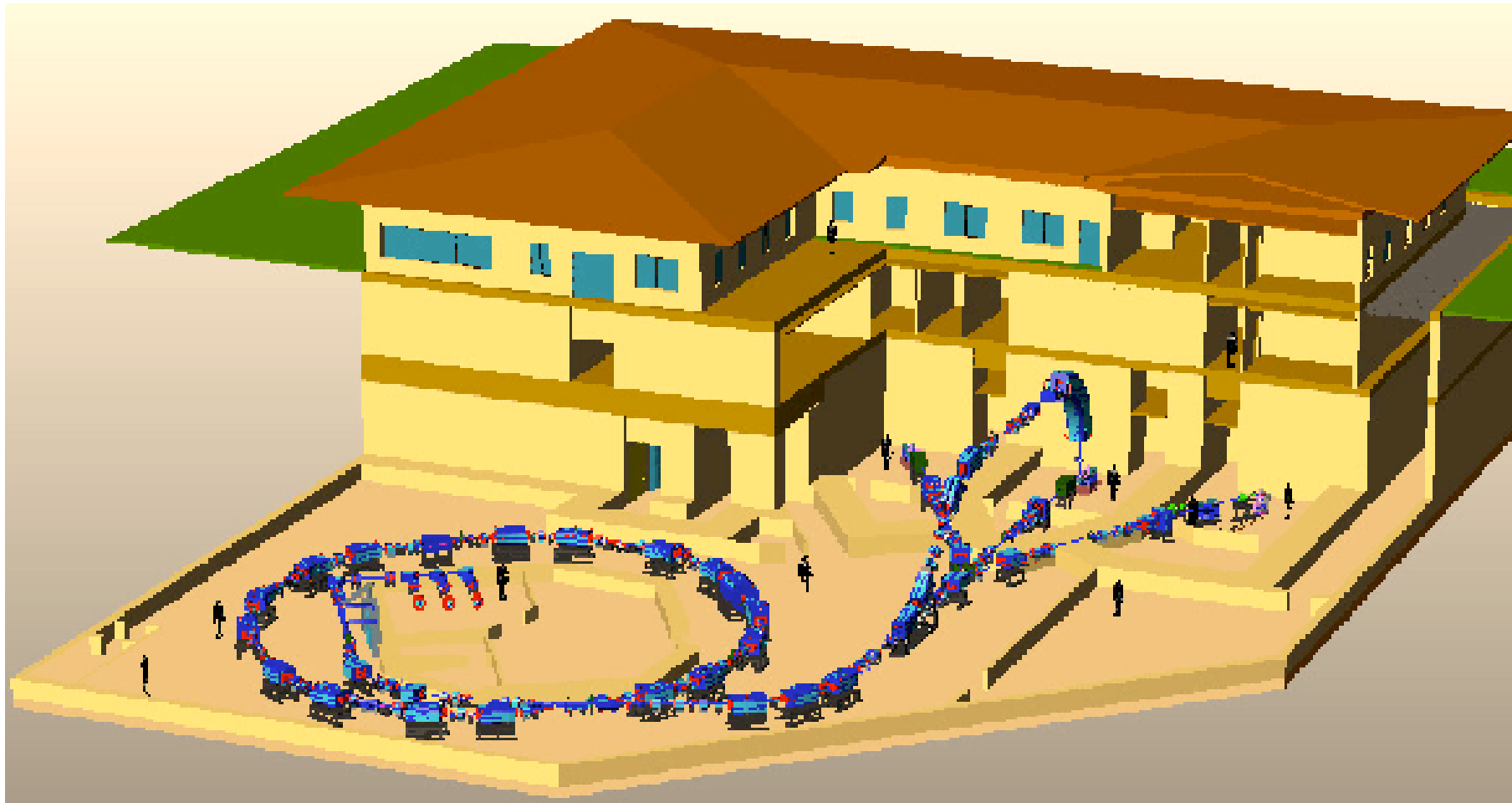


Il trattamento con protoni permette di depositare quantità di energia controllate direttamente nella regione tumorale





Adroterapia in Italy (CNAO)



Il bunker sotterraneo del Centro Nazionale copre una superficie di 3500 metri quadrati. Nella figura si vedono tre sorgenti di ioni (protoni, ioni carbonio e ioni berillio oppure litio per sviluppi futuri), il linac iniettore sincrotrone di 25 metri di diametro e tre sale di trattamento. La sala centrale permette irraggiamenti orizzontali e verticali.

Conosciamo il CNAO

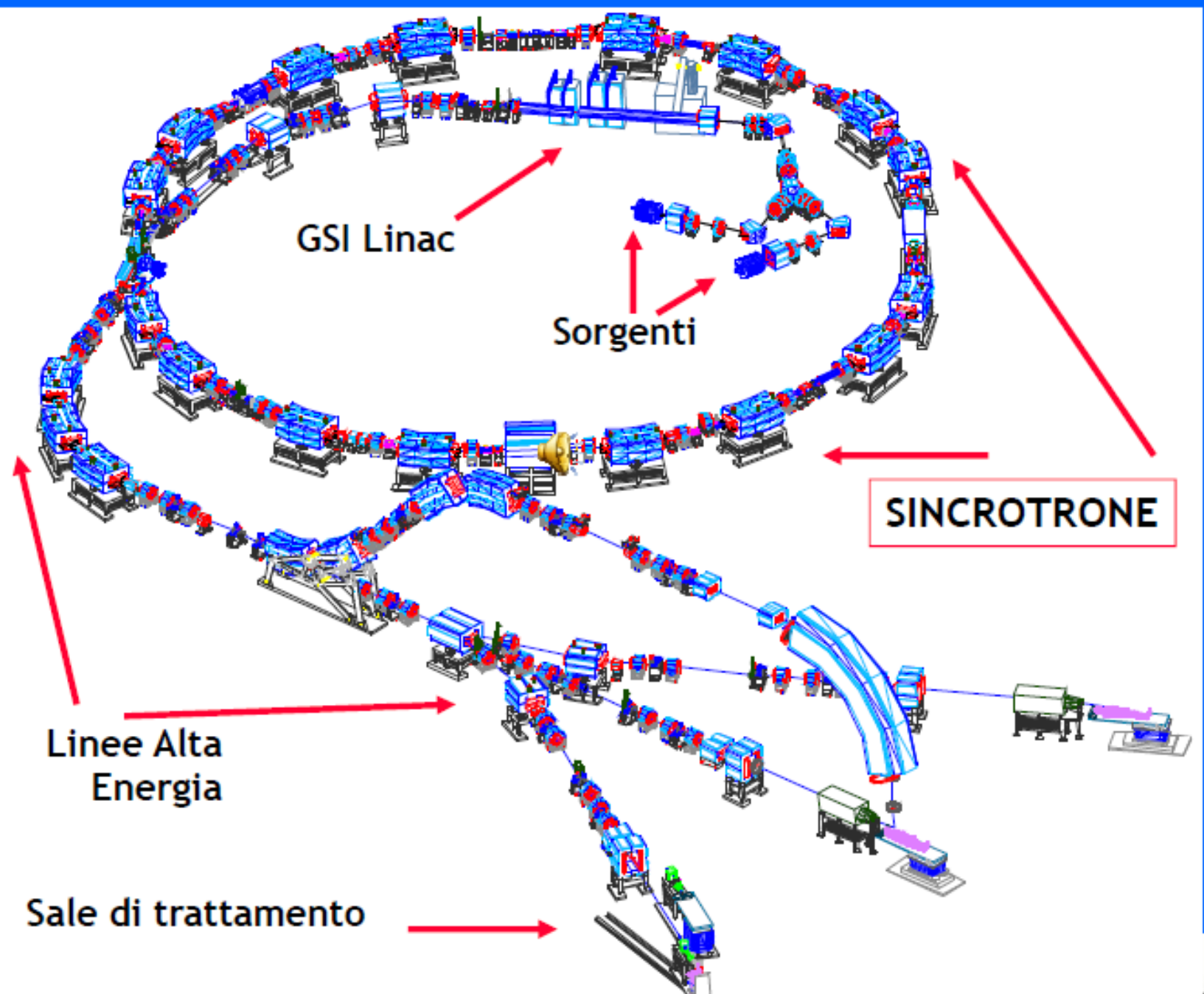


Scopriamo l'alta tecnologia del CNAO facendo un tour e seguendo il fascio dall'origine fino al paziente ...









GSI Linac

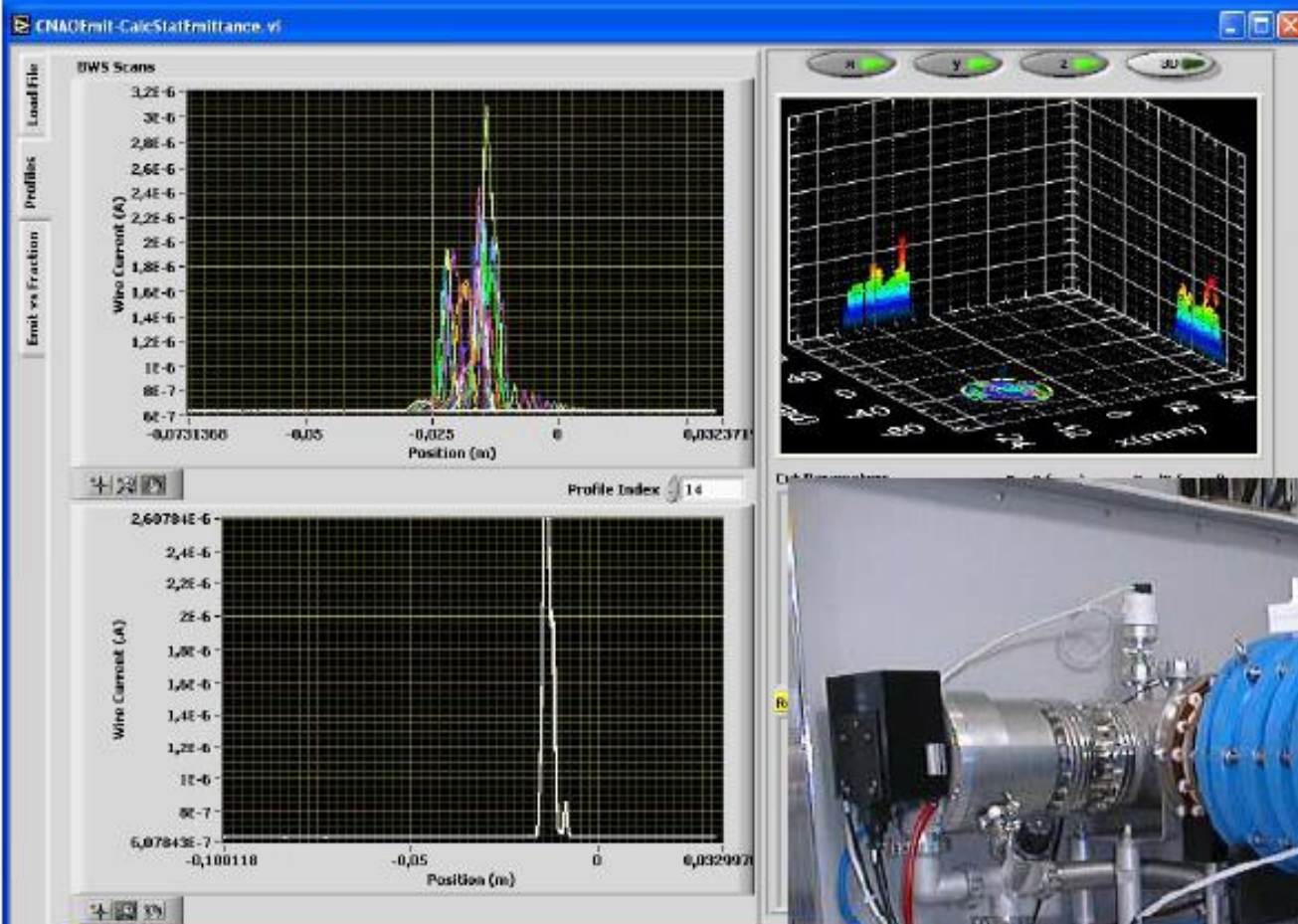
Sorgenti

SINCROTRONE

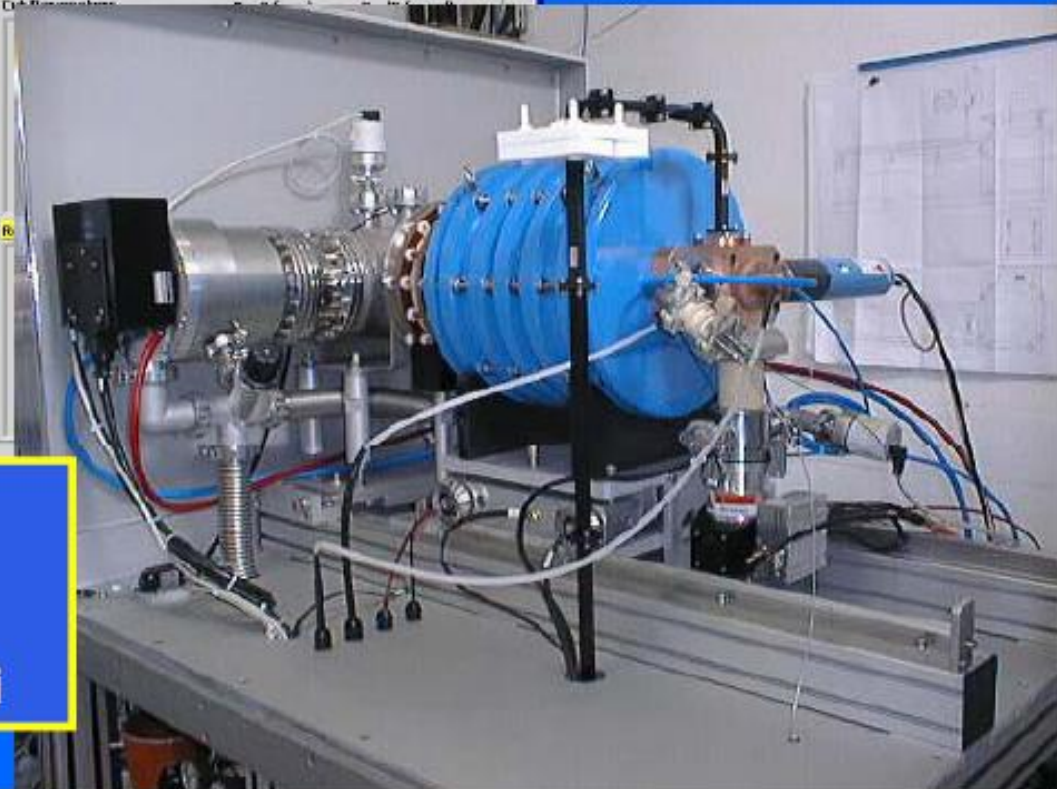
Linee Alta Energia

Sale di trattamento

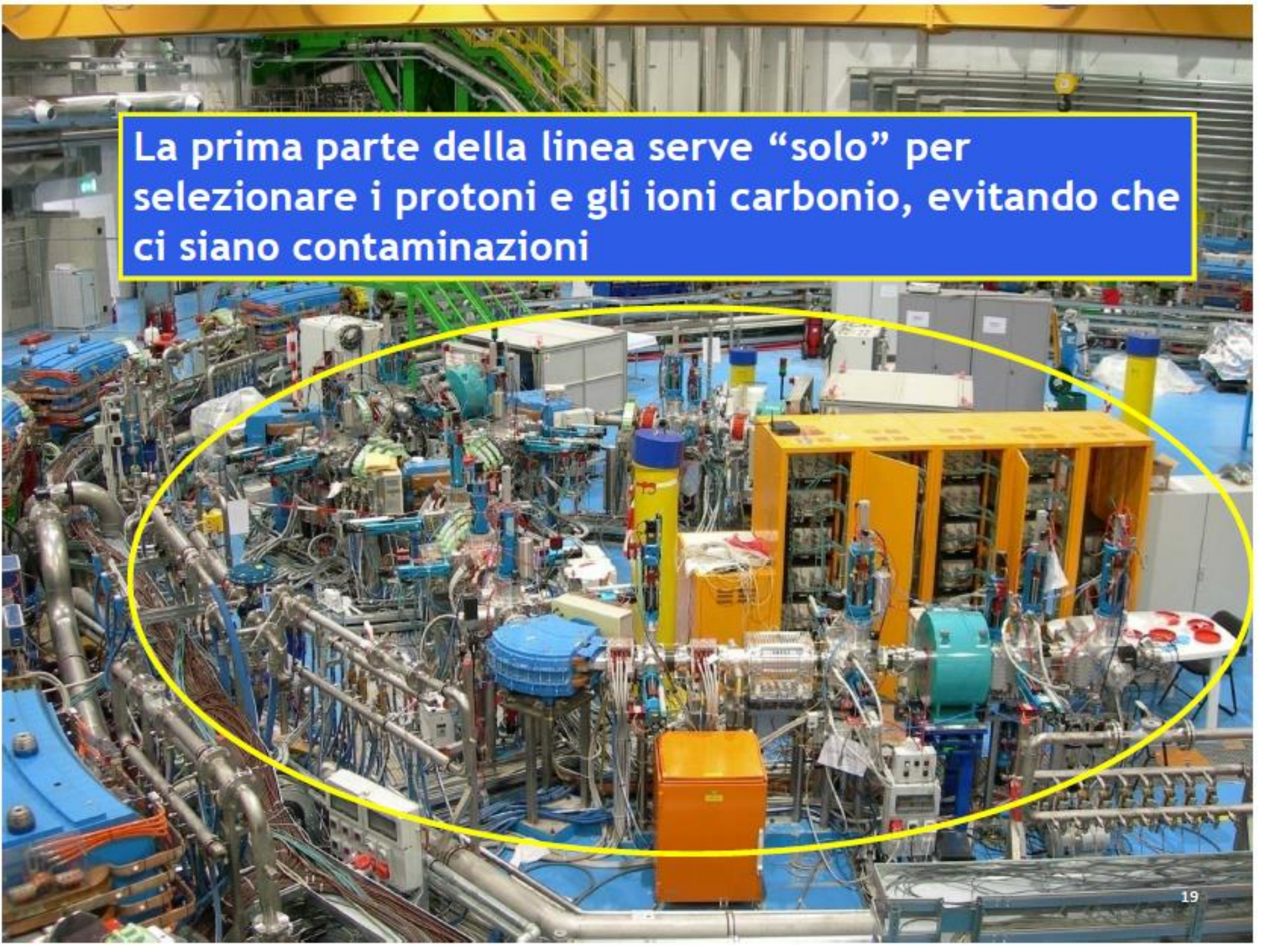
Le sorgenti ... dove si creano i protoni e gli ioni carbonio

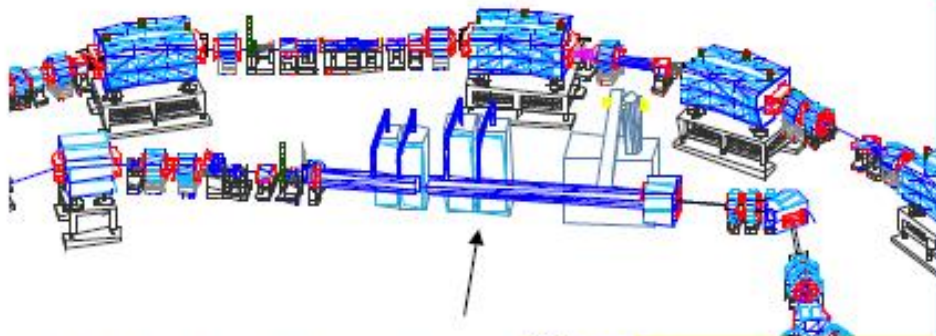


Ogni sorgente produce una nuvoletta formata da 1 miliardo di ioni carbonio oppure 10 miliardi di protoni



La prima parte della linea serve “solo” per selezionare i protoni e gli ioni carbonio, evitando che ci siano contaminazioni



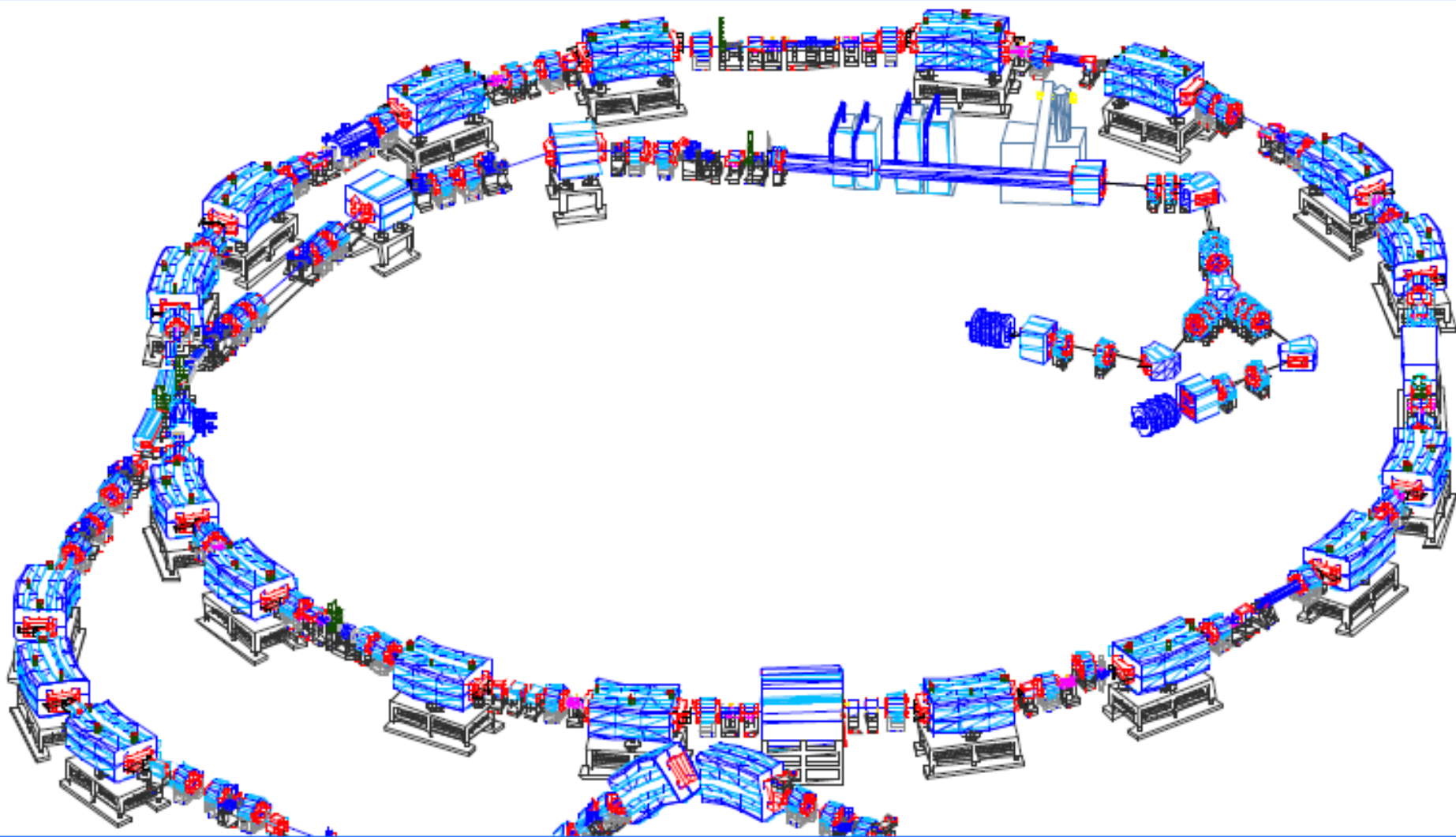


CNAO Tour - il Linac

In circa 6 metri il fascio accelera e aumenta l'energia di 1000 volte - arrivando alla velocità di ... 30'000 km/sec



Dal linac al sincrotrone ...



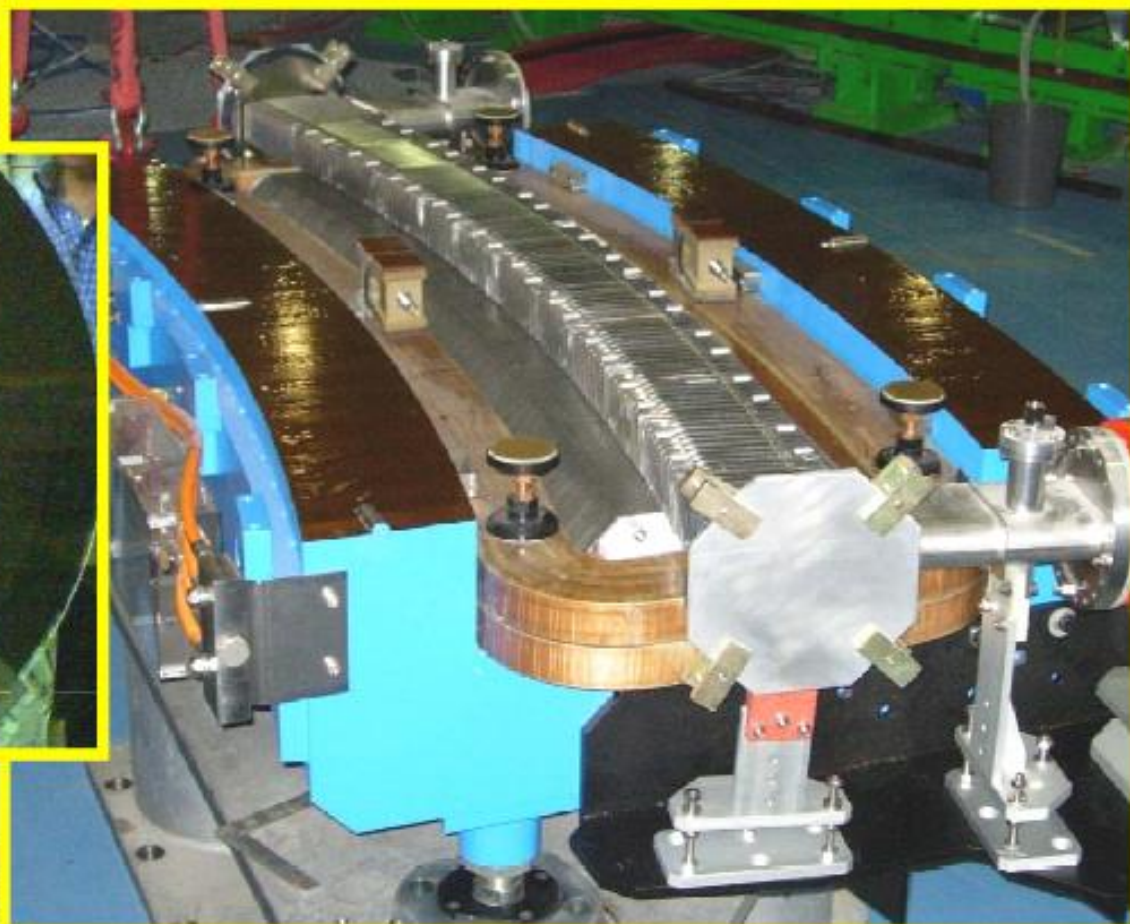
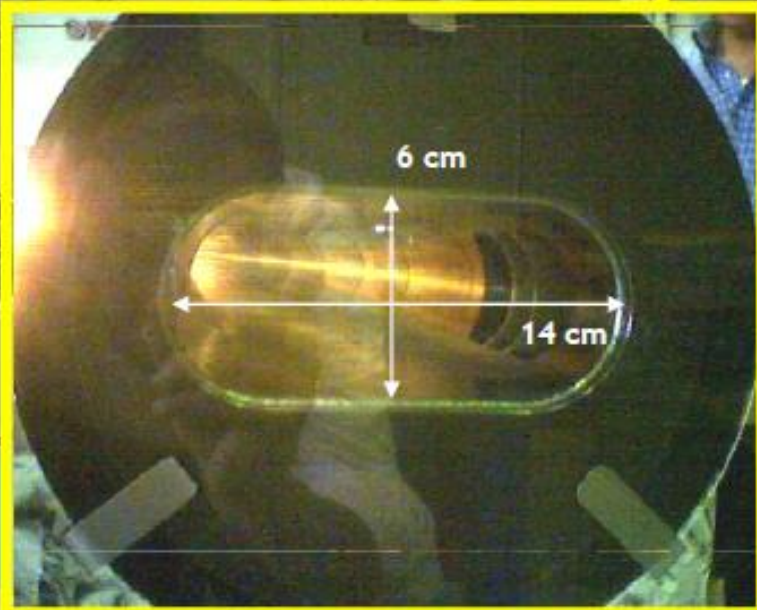
IL SISTEMA MAGNETICO

LA FORZA CRESCE CON L'AUMENTARE DELLA VELOCITA'
SINCRO-TRONE

20 Correttori
per guidare

24 Quadrupoli
per contenere

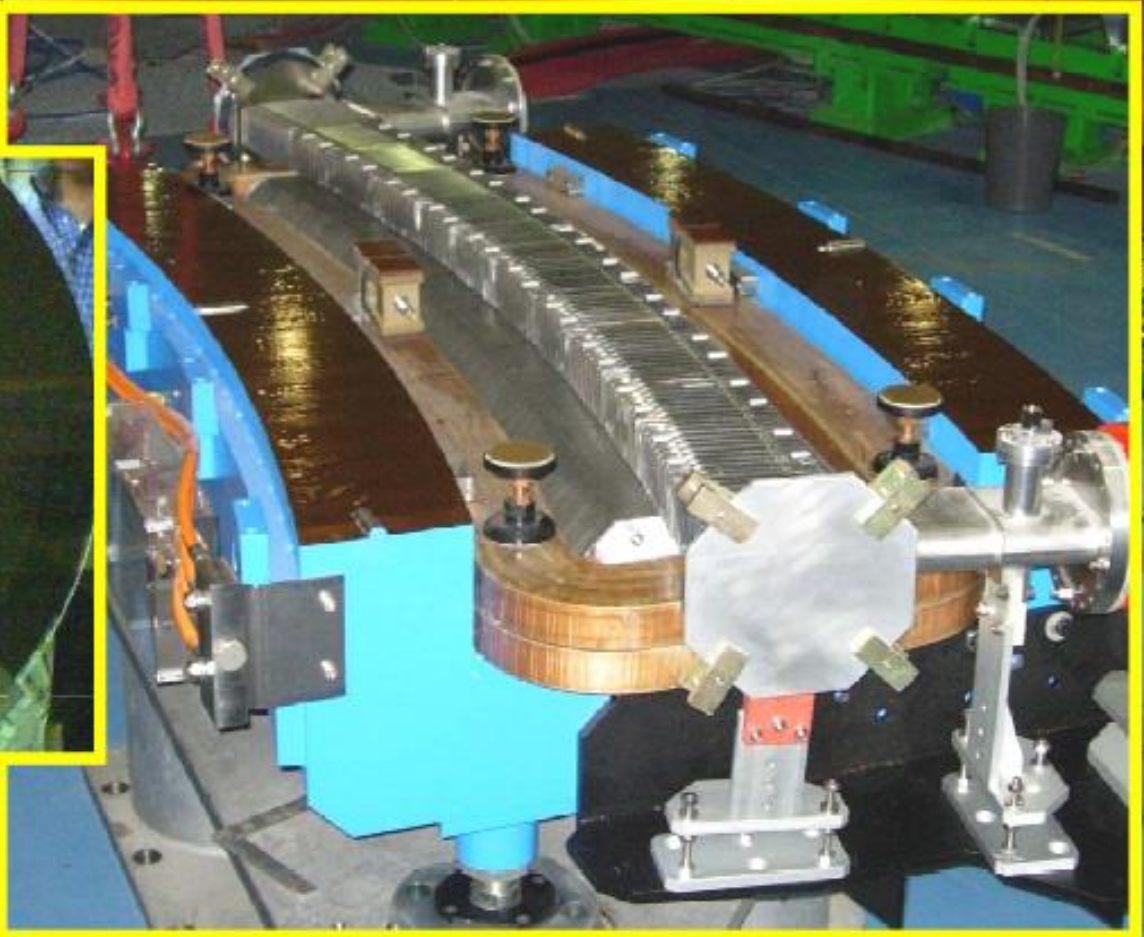
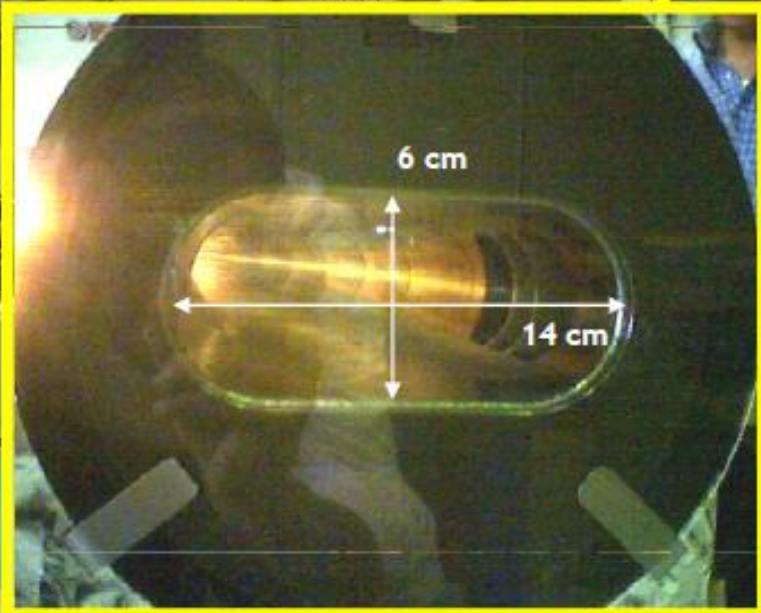
16 Dipoli
per curvare



IL SISTEMA DA VUOTO

I protoni e gli ioni carbonio circolano in un tubo di acciaio in cui è fatto il vuoto interstellare.

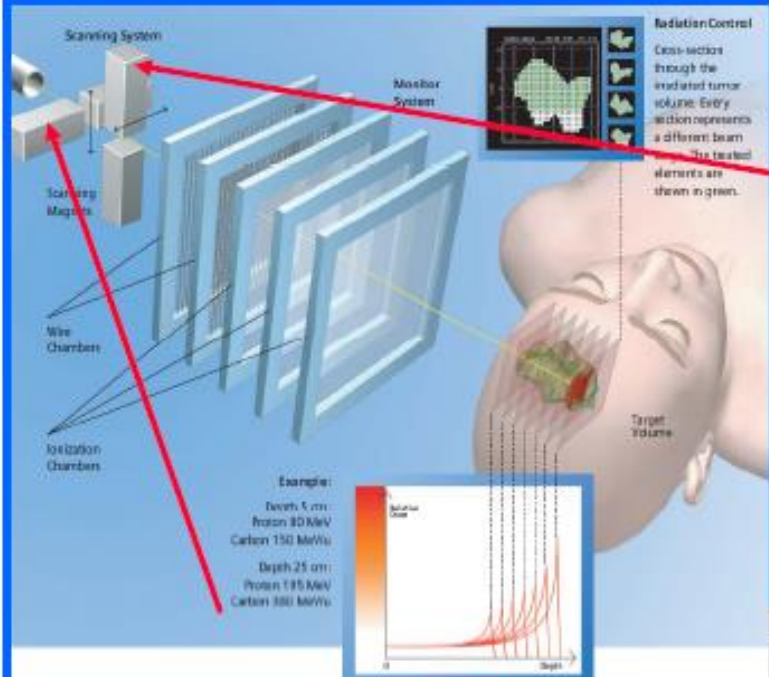
La pressione è 1 migliaio di miliardi di volte inferiore alla pressione atmosferica



IL SISTEMA DA VUOTO

I protoni e gli ioni carbonio circolano in un tubo di acciaio in cui è fatto il vuoto interstellare.

La pressione è 1 migliaio di miliardi di volte inferiore alla pressione atmosferica

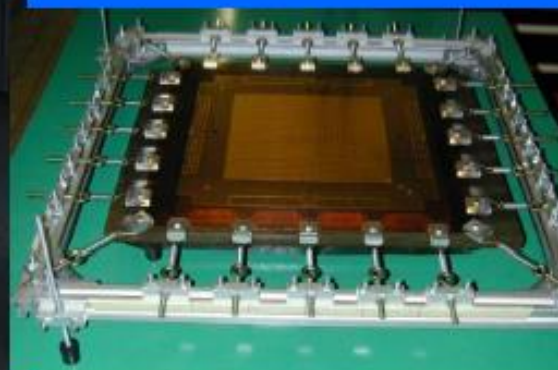
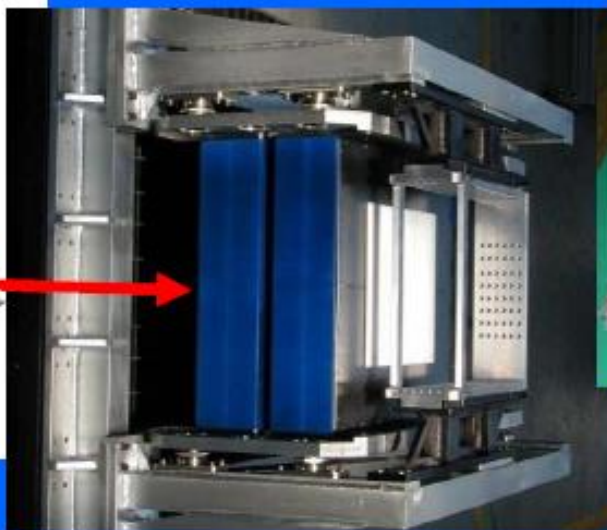
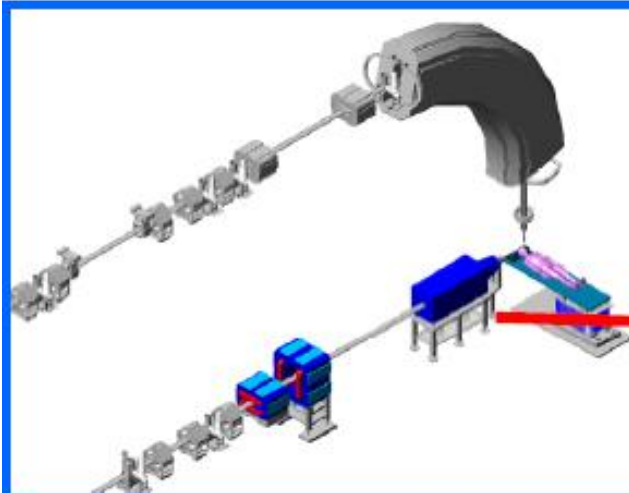


I magneti di scansione

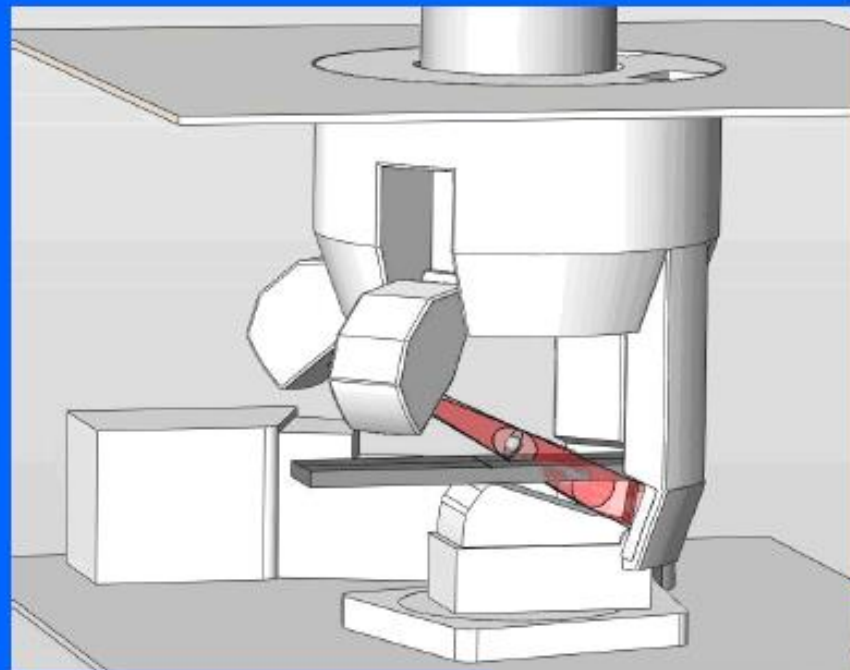


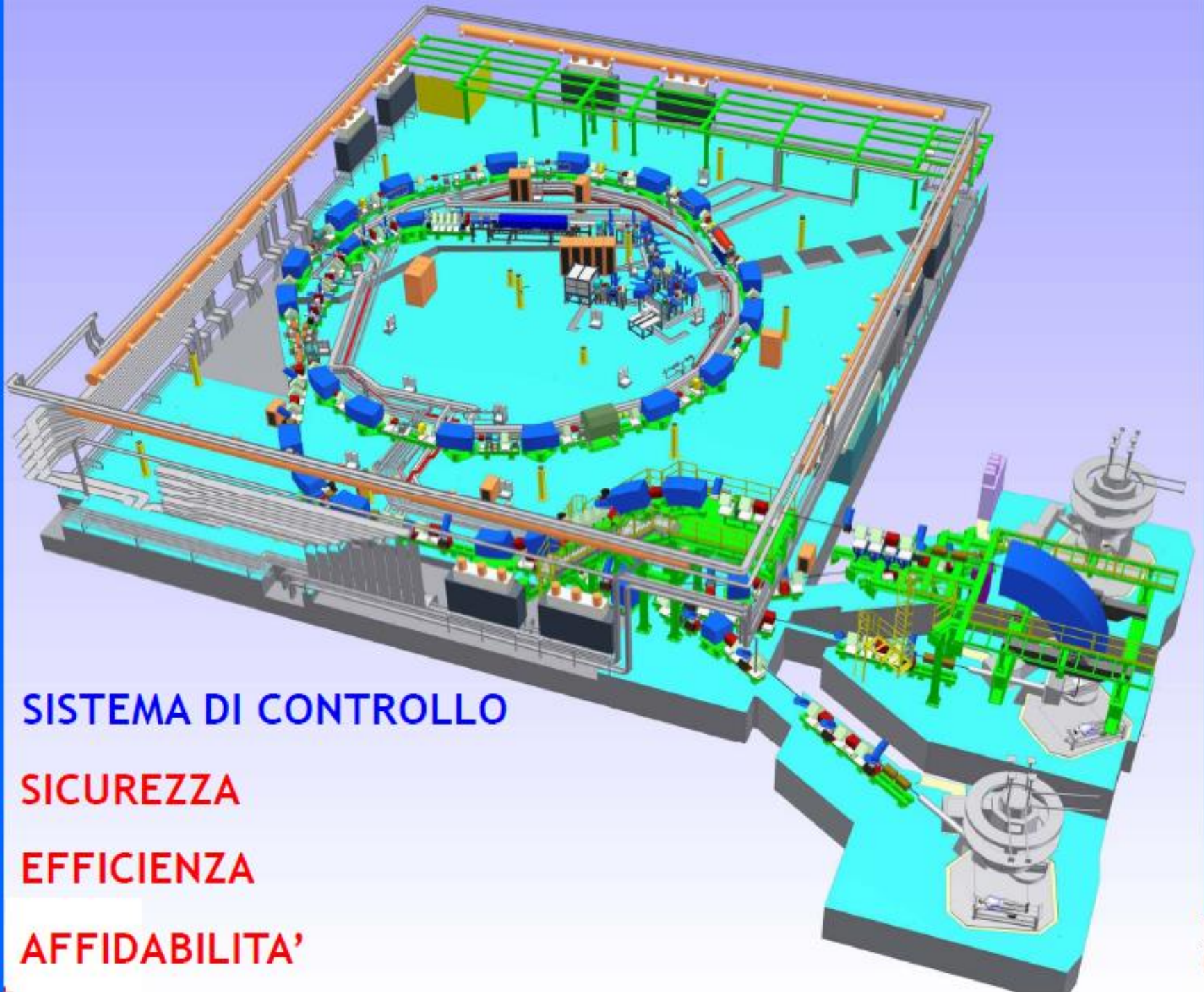
Con questi magneti si “dipingono” la fetta tumorale selezionata con il fascio.

Il fascio si muove al doppio della velocità di un corridore centrometrato.



MISURA DEI FASCIE POSIZIONAMENTO DEL PAZIENTE





SISTEMA DI CONTROLLO

SICUREZZA

EFFICIENZA

AFFIDABILITA'



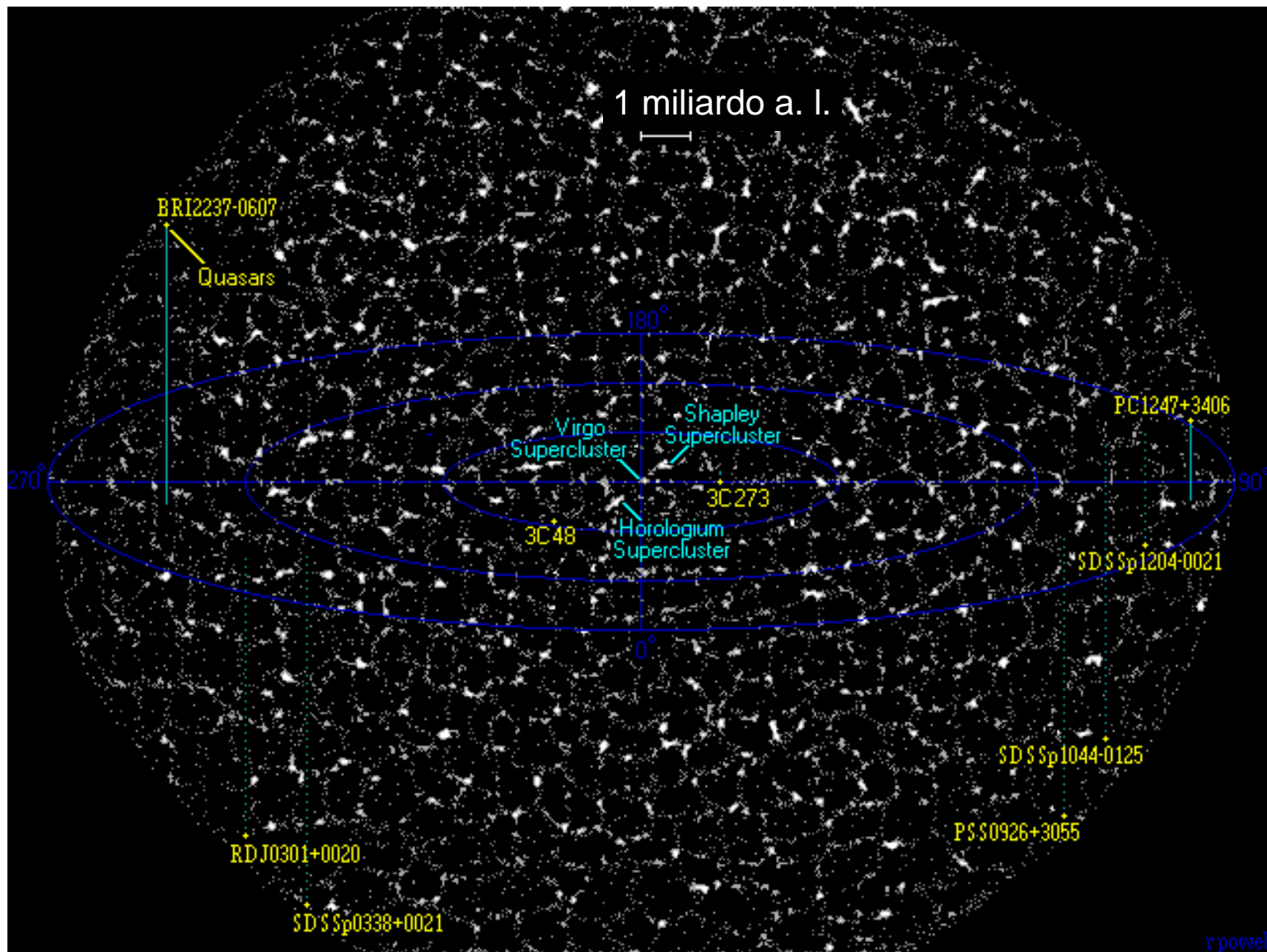
La fase di funzionamento

A regime, nelle tre sale di trattamento, il CNAO effettuerà circa 20'000 sedute di adroterapia all'anno che corrispondono, secondo le previsioni mediche, a circa 3000/3500 pazienti all'anno

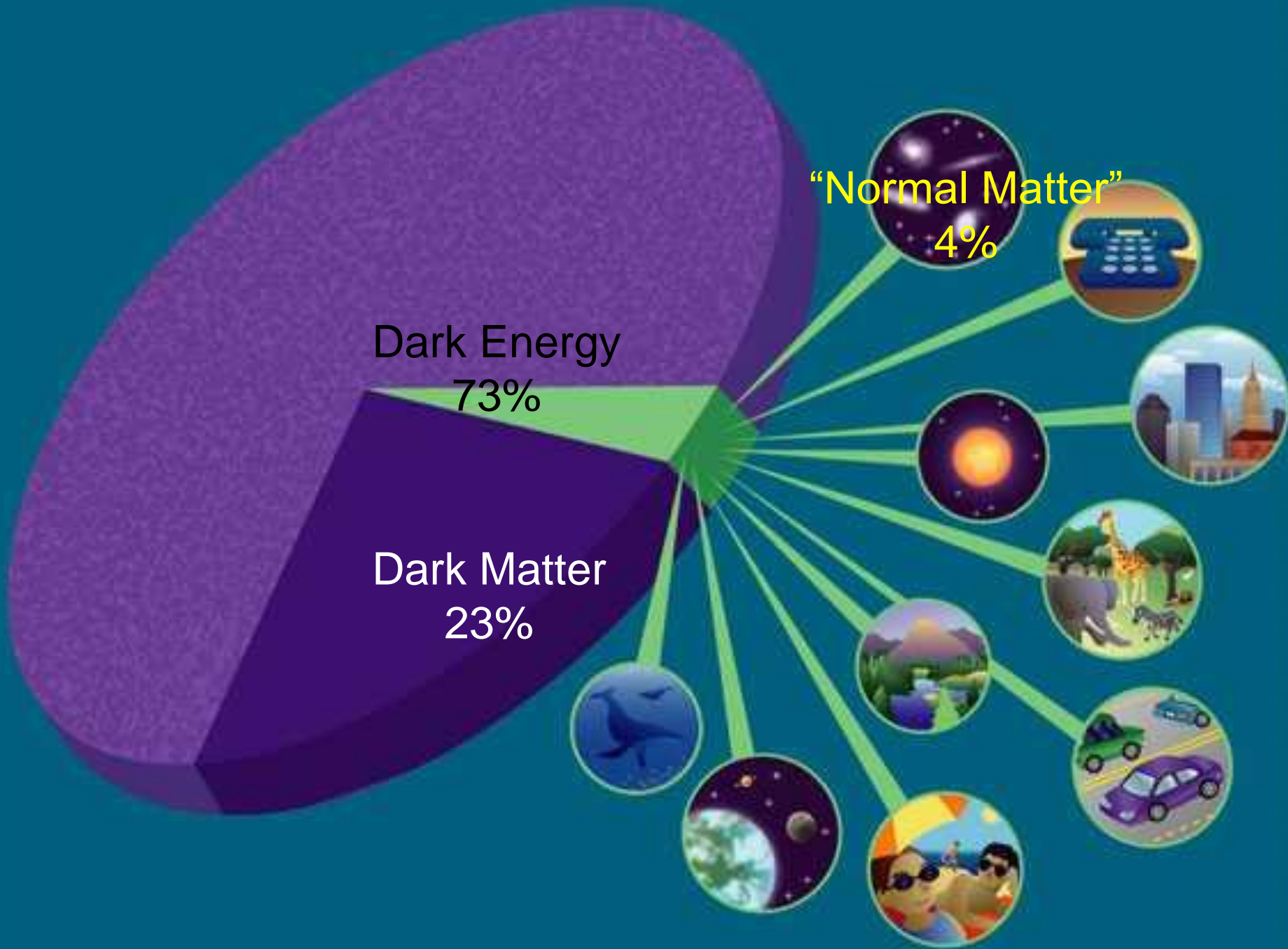
Nella sala sperimentale (la linea sperimentale è in fase di progettazione) e nelle aree dedicate e laboratori sarà possibile sviluppare la ricerca clinica, radiobiologica e traslazionale.

Prossimamente.....

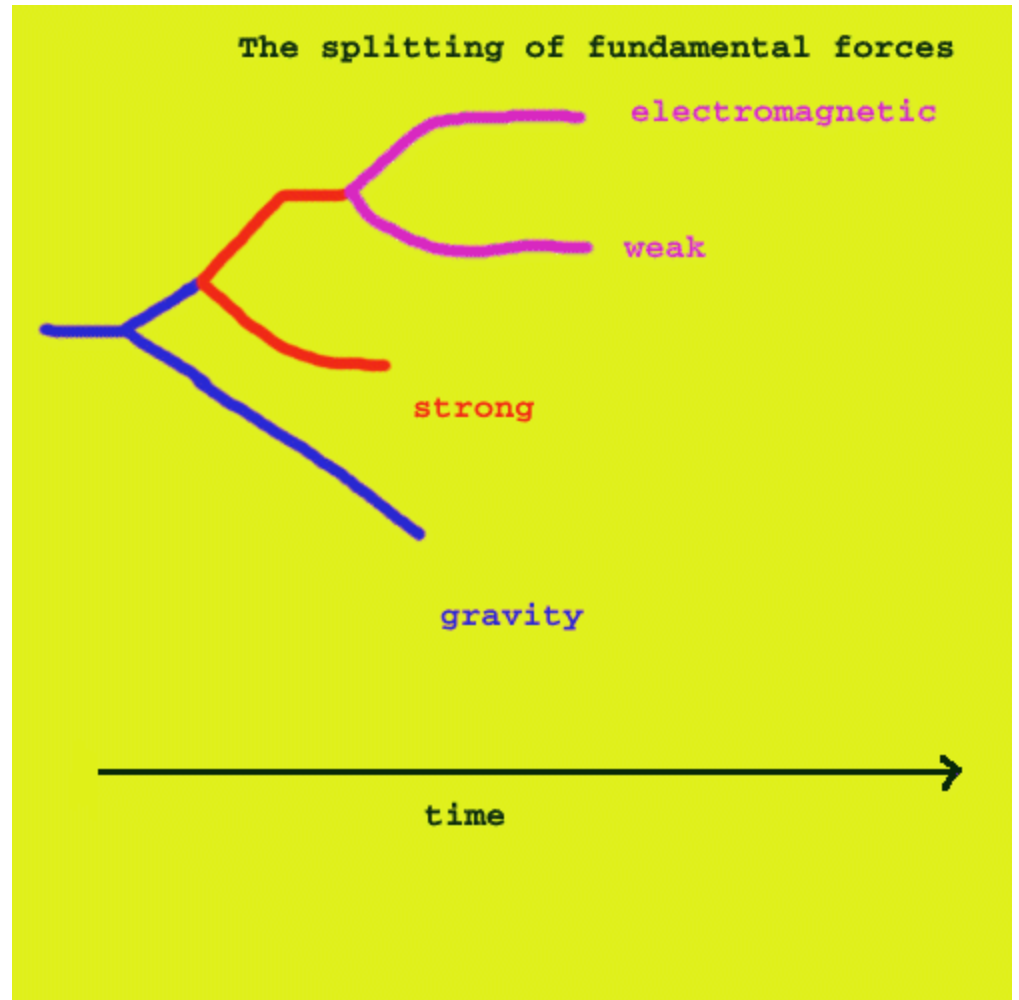
- Gating respiratorio (tumori polmonari)
- Melanoma oculare
- Tumori pediatrici



Zoom In x15

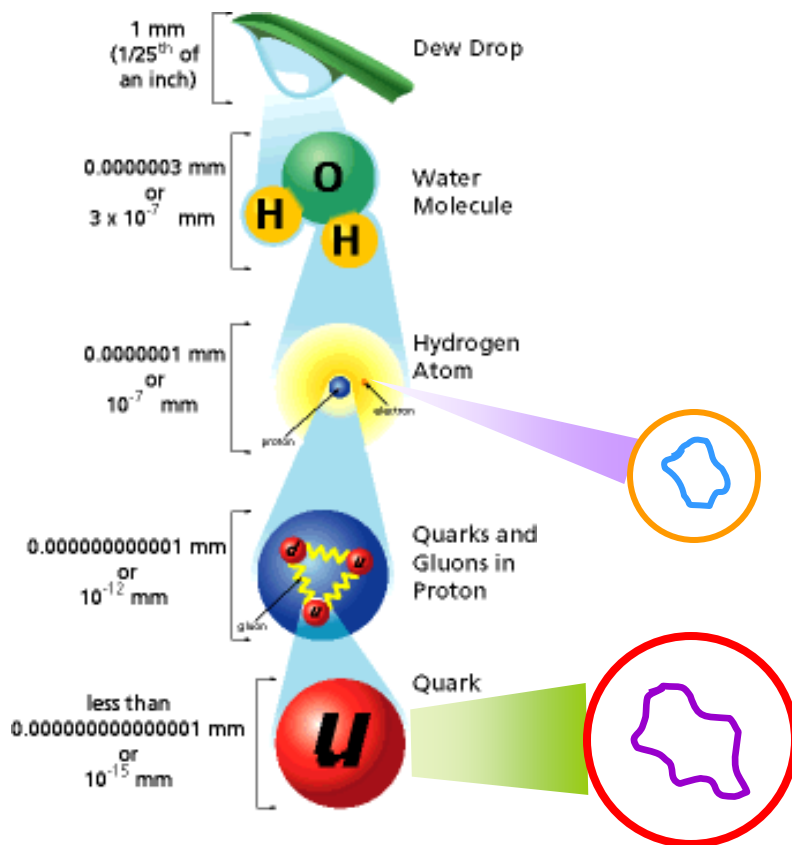


L'unificazione di tutte le forze?



Questioni Aperte

- Le particelle sono veramente puntiformi ?



Teoria delle Stringhe

ulteriore livello
microscopico: particelle
non sono puntiformi, ma
piccoli (10^{-33} cm) anelli
oscillanti

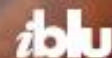
diversi stati di oscillazione
della stringa →
particelle diverse

Dai buchi neri all'adroterapia

Un viaggio nella Fisica Moderna



 Springer

 zblu



Catalina Oana Curceanu, nata in Transilvania (Brasov, Romania), è Primo Ricercatore dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali di Frascati. Dirige un gruppo di ricercatori che lavorano nel campo della fisica sperimentale adronica e nucleare, conducendo esperimenti sia in Italia sia all'estero, e coordina vari progetti europei. Ha organizzato varie conferenze internazionali ed è autrice di più di 200 pubblicazioni scientifiche in riviste internazionali. Svolge un'intensa attività di formazione e divulgazione scientifica e scrive per vari giornali e riviste italiane e rumene. Ha la passione di spiegare a tutti quanto sia bello e affascinante il mondo della scienza.