

Luciano Maiani: Lezione Fermi 16

Sommario

1. Bosone di Higgs, Big Science e Societa'
2. Formazione
3. Collaborazione con le imprese
4. Trasferimento di tecnologie alla Societa'
 - Computing, Web, Grid
 - Imaging in medicina
 - Acceleratori per la terapia dei tumori
5. Conclusioni

1. Bosone di Higgs, Big Science e Societa'

- La scoperta del bosone di Brout-Englert-Higgs ha acceso i riflettori sulla Scienza alle Grandi Infrastrutture, Big Science in breve.
- in particolare sulla ricerca delle leggi fondamentali della fisica al Grande Collisore a Protoni (Large Hadron Collider, LHC), del CERN di Ginevra.
- E' un risultato scientifico di grande rilievo, perseguito con tenacia da un'intera generazione di ricercatori e ricercatrici, al limite delle possibilita' tecnologiche.
- E una grande prova di efficacia della fisica e dei governi europei, che hanno saputo governare un grande progetto,
- e dell'industria hi-tech europea, che ha fornito la gran parte degli apparati necessari per accelerare le particelle e rivelare i prodotti delle loro collisioni, ad energie mai raggiunte prima in laboratorio.

Ma...a cosa serve tutto questo?

Scienza fondamentale, tecnologia e innovazione

- "***One day sir, you may tax it.***" La risposta di Faraday a William Gladstone, allora Ministro delle Finanze, che aveva chiesto quale fosse il valore pratico dell' elettricità (Wikipedia, M. Faraday, forse e' apocrifo...ma ben trovato).
- In molti campi, es. fisica, astrofisica..., la scienza di base moderna (curiosity driven) studia problemi lontani dalla realta' di tutti i giorni: quark, bosone di Higgs, galassie, Big-Bang.
- "***It has nothing to do directly with defending our country except to make it worth defending.***" Robert Wilson alla Joint Congressional Committee on Atomic Energy, a proposito della costruzione dell' acceleratore Tevatron, al FermiLab di Chicago (Wikipedia, R. Wilson).
- In altri settori, biologia, genetica, medicina... le implicazioni per la societa' sono evidenti. Di qui il pronostico: il 2000 sara' il secolo della Medicina.

Some of you may ask, what is the good of working so hard merely to collect a few facts which will bring no pleasure except to a few long-haired professors who love to collect such things and will be of no use to anybody because only few specialists at best will be able to understand them? In answer to such question[s] I may venture a fairly safe prediction. History of science and technology has consistently taught us that scientific advances in basic understanding have sooner or later led to technical and industrial applications that have revolutionized our way of life. It seems to me improbable that this effort to get at the structure of matter should be an exception to this rule. What is less certain, and what we all fervently hope, is that man will soon grow sufficiently adult to make good use of the powers that he acquires over nature.

Enrico Fermi, circa 1950

Scienza fondamentale: e' utile ?

- Tre vie attraverso cui la ricerca influenza la societa':
 - La formazione *attraverso* la ricerca, crea “problem solver” validi in qualsiasi campo;
 - Le applicazioni delle conoscenze acquisite *con* la ricerca, es. neuroscienze, genetica, biologia...;
 - collaborazione con le imprese per realizzare apparati con tecnologie non disponibili sul mercato
 - Le applicazioni delle conoscenze acquisite *per* la ricerca, es. world wide web, in futuro GRID.
- La scienza fondamentale e' un motore essenziale per l'innovazione nella nostra societa', indipendente da - e complementare alla - innovazione nell'industria.
- La scala dei tempi con cui i risultati si trasformano in applicazione e' molto diversa e variata
- Le scienze “curiosity driven”, al di la' del ruolo cruciale nell'avanzamento delle conoscenze, *hanno* implicazioni pratiche.
- Uno sviluppo equilibrato deve favorire la ricerca su tutti i fronti.
- ***La Societa' della Conoscenza e la creazione delle infrastrutture necessarie non sono un optional per il nostro Paese.***

Neuroni

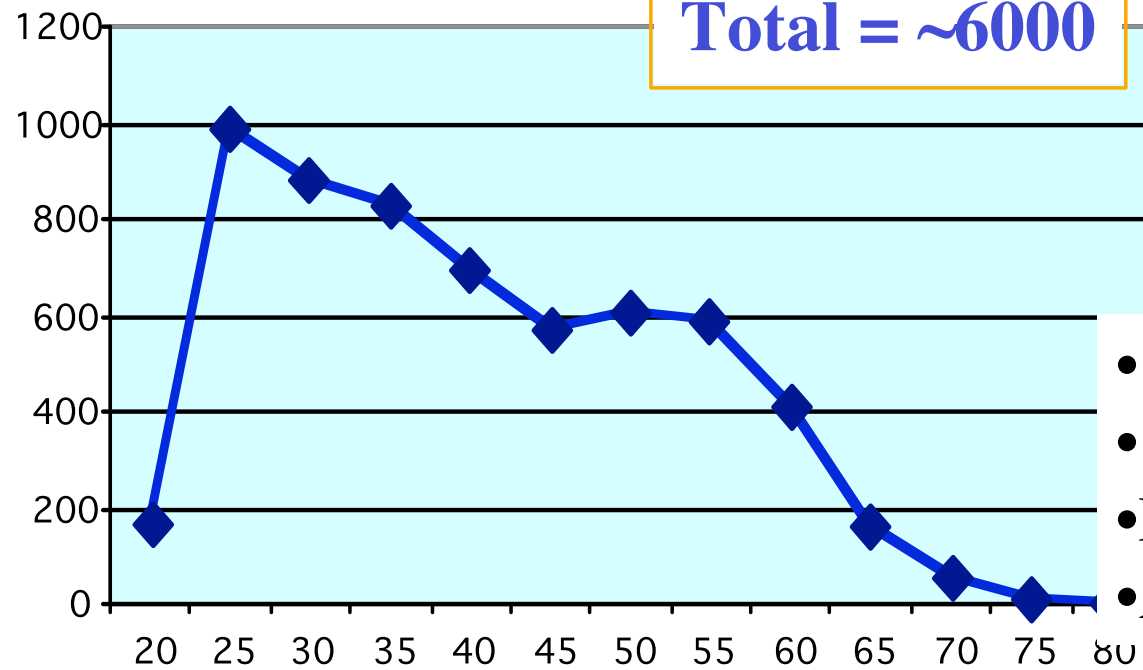
A grayscale microscopic image of a neural network. The image shows numerous neurons with their cell bodies and branching processes. One neuron on the left side is highlighted with a bright green color, showing its cell body and several processes extending outwards.

se capiamo come si formano i neuroni, possiamo forse scoprire anche come si ammalano e quindi perche' subentrano malattie neurodegenerative come alzheimer, parkinson, sclerosi amiotrofica laterale,

cortesia: Prof. E. Cattaneo

2. FORMAZIONE

Physicists of the DELPHI Collaboration at LEP

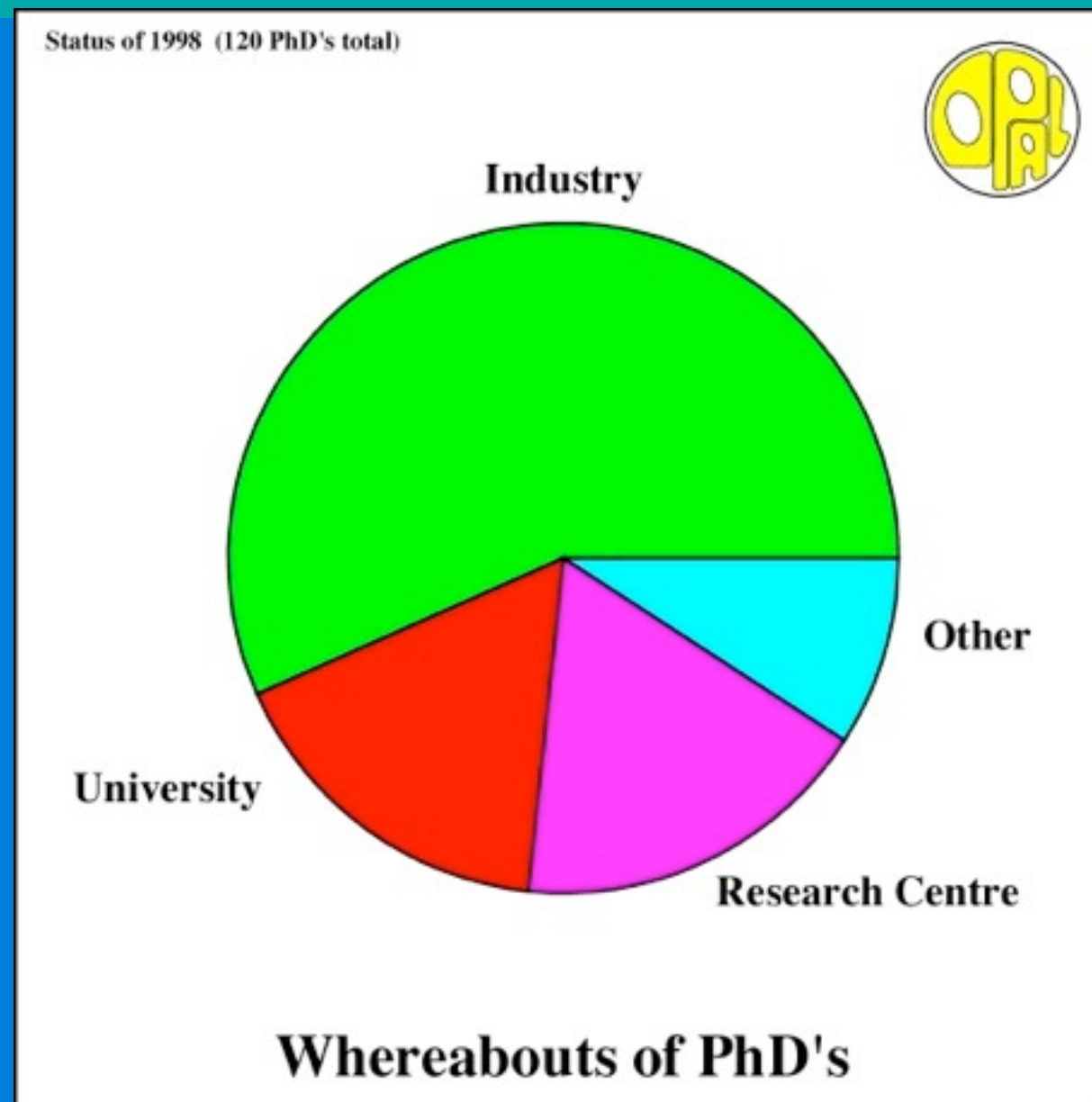


- CERN is “made by young people”;
- based in their Universities;
- No *brain drain*;
- A great resource for CERN and Europe.

Tesi di Dottorato

negli esperimenti LEP (su dieci anni):

ALEPH: 210
DELPHI: 227
L3: 250
OPAL: 198



3. Collaborazione con le imprese

Big Science e il Mondo delle Imprese

- La scienza di frontiera non puo' esistere senza una collaborazione estesa con il mondo industriale, per la messa a punto degli strumenti di avanguardia necessari alla ricerca stessa.
- Il trasferimento di tecnologie avanzate all'industria ha conseguenze importanti nel lungo termine.
- Le prestazioni estreme degli apparati richiedono lo sviluppo di tecnologie non esistenti sul mercato, come mostra il caso di LHC e dei quattro grandi rivelatori associati:
 - magneti superconduttori al Nb-Ti, raffreddati con Elio superfluido a $1.8 \text{ }^0\text{K}$, un sistema mai affrontato prima su questa scala (27 chilometri).
 - ad $1.8 \text{ }^0\text{K}$, l'interno di LHC e' al di sotto dei circa $3 \text{ }^0\text{K}$ che sono la temperatura dell'Universo di oggi.
 - I prototipi dei diversi magneti sono stati sviluppati dal CERN in collaborazione con tre industrie europee (ALSTOM, NOELL, ANSALDO) e i con gli enti di ricerca europei, INFN per l'Italia.
 - Questo approccio ha reso possibile trasferire le tecnologie di punta alle industrie nazionali ed entrare nella fase di produzione nel modo piu' continuo possibile
 - I rivelatori di LHC hanno usato elementi sensibili di dimensioni di $0.25 \mu\text{m}$ (milionesimi di metro), alla frontiera delle tecnologie disponibili, su volumi pari a quelli di un palazzo di 4 piani.

Resistive Plate Chambers, Made in Italy

- Un componente essenziale di tutti i rivelatori di LHC sono le cosiddette Resistive Plate Chambers (RPC), inventate da Rinaldo Santonico e Roberto Cardarelli (Tor Vergata), prodotte in gran parte da una piccola impresa italiana (Frosinone) e strumentate e installate al CERN da gruppi italiani (per ATLAS: Roma2 Tor Vergata; Roma1 La Sapienza; Napoli, Lecce, Bologna e Napoli).



Il gruppo RPC di Tor Vergata con diversi esponenti di ATLAS

H. Hoffman

G. Mikenberg

R. Santonico

Il Programma Superconduttività' (anni '70-'90)

- Elemento importante per l' approvazione di LHC e' stata la realizzazione del prototipo di 10 m del dipolo superconduttore di LHC in una collaborazione CERN-INFN-Ansaldo.
- La linea superconduttori, iniziata con il contributo italiano alla macchina tedesca HERA e' stata sostenuta da tre successivi Presidenti dell' INFN (A. Zichichi, N. Cabibbo e L. Maiani).
- Il programma del "5%" (MURST) ha permesso un lavoro di R&D nelle industrie (EUROPA METALLI, ANSALDO, Zanon...) per metterle in grado di catturare importanti lavori per i rivelatori ATLAS e CMS;
- una linea che ha aperto la strada ad una partecipazione di rilievo dell' industria italiana a tutto il progetto LHC.



stazioni di assemblaggio della massa fredda dei dipoli, ASG, Genova, erede diretta di Ansaldo Superconduttori

LHC Dashboard,
www.cern.ch

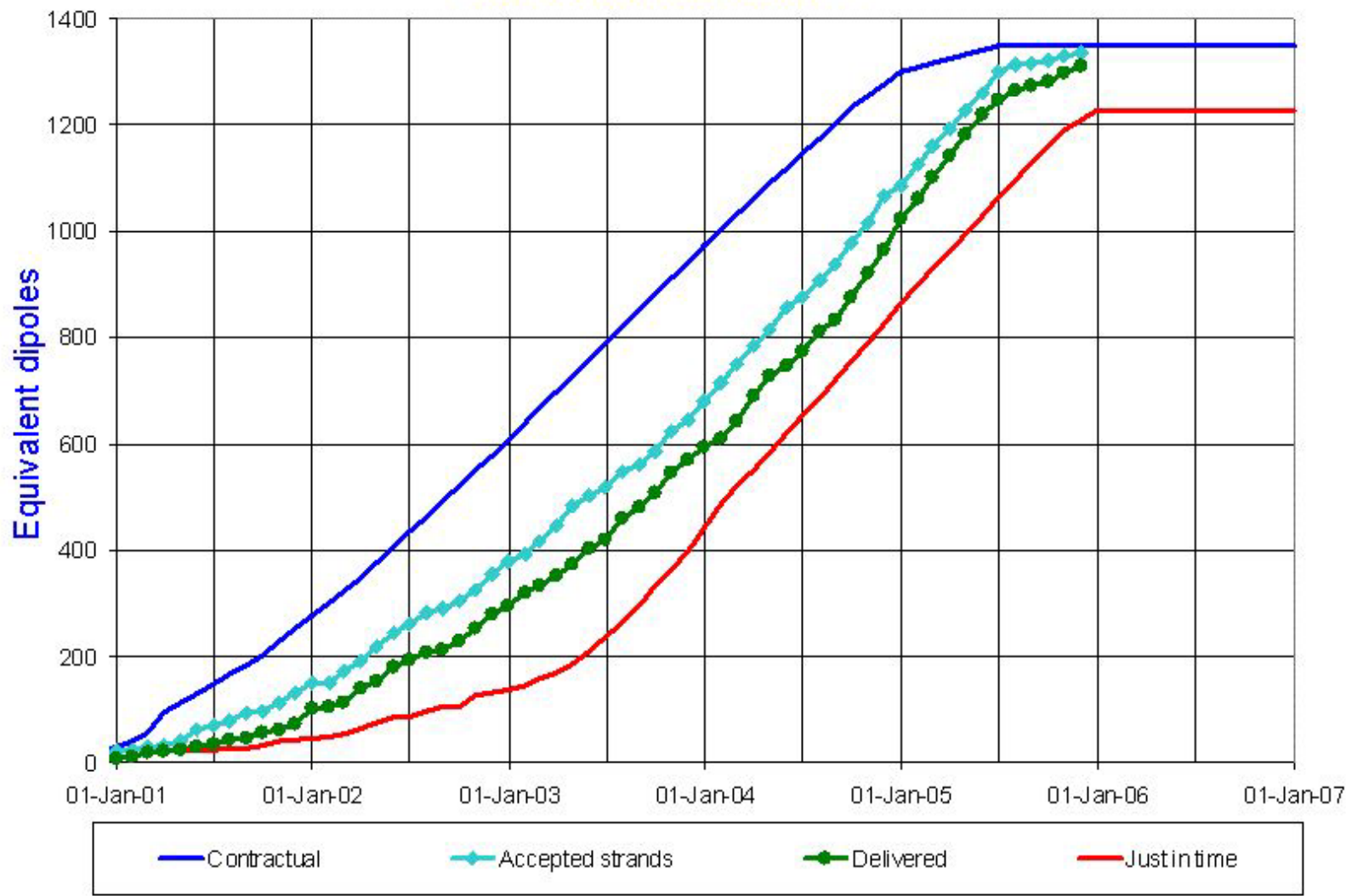


LHC Progress
Dashboard



Produttori di cavo
superconduttore:
Alstom (France)
Europa Metalli (Italy)
Furakawa (Japan)
IGC (USA)
Outokumpu (Finland)
Vacuumschmelze (Germany)

Superconducting cable 1



Updated 30 Nov 2005

Data provided by A. Verweij AT-MAS



Magneti di LHC in stock al CERN in attesa di essere trasferiti nel tunnel



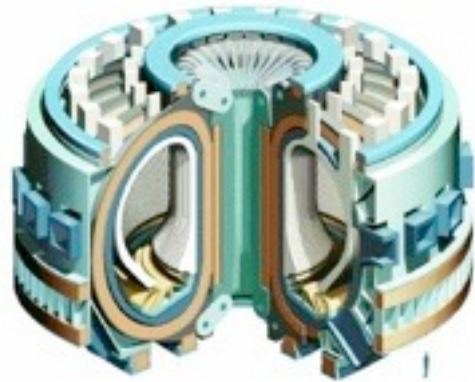
Lyn Evans e Lucio Rossi ricevono al CERN l'ultimo dipolo



26 aprile 2007. L'ultimo dipolo di LHC viene calato nel tunnel per essere installato

L'industria italiana in LHC

- 17% dei contratti di LHC (macchina e aree sperimentali) attribuiti ad industrie italiane in regime di libera concorrenza (contributo italiano al CERN: 12%);
- Importantissimo il ruolo dell' INFN;
- Un caso esemplare di interazione positiva tra ricerca di base e industria.

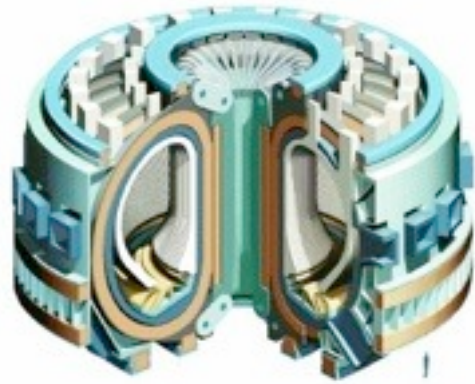


L'obiettivo del progetto ITER è quello di riprodurre il fenomeno della fusione termonucleare, la stessa che si verifica in natura nel Sole e nelle stelle.

Si tratta di un importante progetto di ricerca per il nucleare pulito che vede le **aziende italiane protagoniste in quanto detentrici di know-how e competenze produttive**

ASG ha ottenuto due importanti commesse per il progetto ITER:

Nel 2010 la commessa per la produzione di **10 TFC WPs (bobine superconduttrici)** per un valore di circa **130 milioni di Euro**



Nuove tecnologie e competenze riconosciute a livello internazionale

ASG negli ultimi 20 anni oltre a lavorare per il progetto ITER e, prima, per il progetto LHC di Ginevra ha ottenuto importanti riconoscimenti internazionali e sviluppato nuove tecnologie nel settore della superconduttività:

- Centro Adroterapia Cnao
- Start up Columbus con cavo in MgB2 utilizzato in progetti di ricerca internazionali
- Sviluppo di nuova Risonanza Magnetica “a cielo aperto” e cryogen free Mr Open venduta a cliniche e centri di ricerca universitari in Italia, Canada, USA e UK

Costi e guadagni per l'Italia

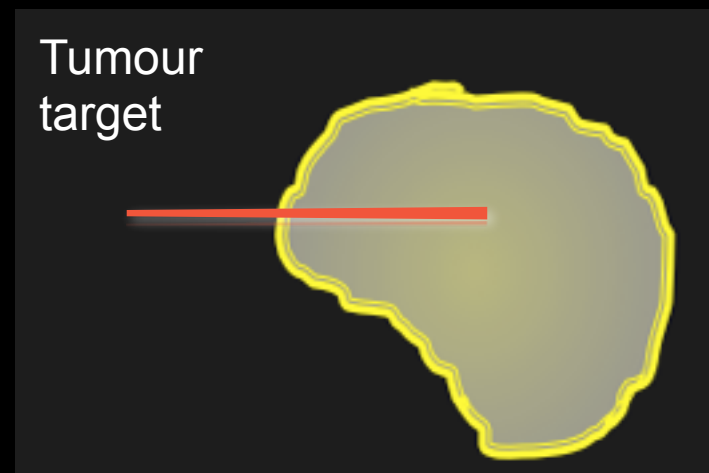
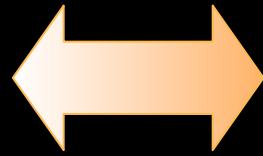
- Costo stimato all-out: 6,5 Miliardi di Euro su 15 anni
- quota dell'Italia 12%, pari a: 780 Milioni di Euro
- costo annuo per l'Italia: 52 Milioni di Euro
- spese annue per ricerca spese dallo Stato: 15miliardi
- quota di LHC: 0.35 %
- contratti LHC per l'Italia: 17%
- pari a: 1105 Milioni di Euro (73 ME/anno)
- Falloff: contratti per ITER su apparati superconduttivi sono stati ottenuti da ASG per circa 130 Milioni di Euro.

4. Trasferimento di tecnologie alla società'

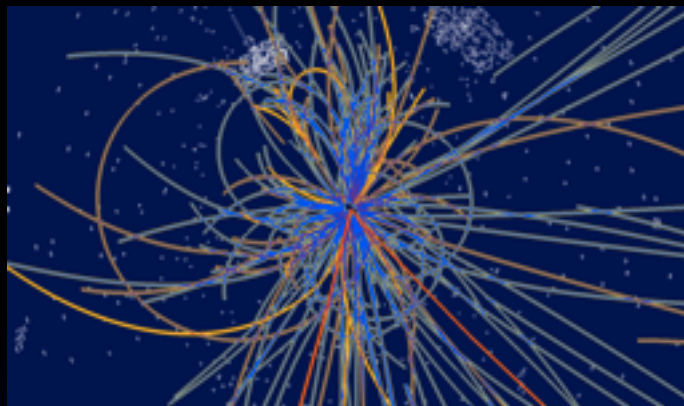
CERN technologies



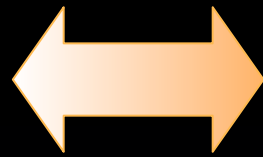
Accelerate particle beams



Hadron therapy



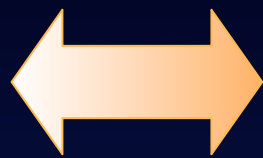
Detect particles



Medical imaging

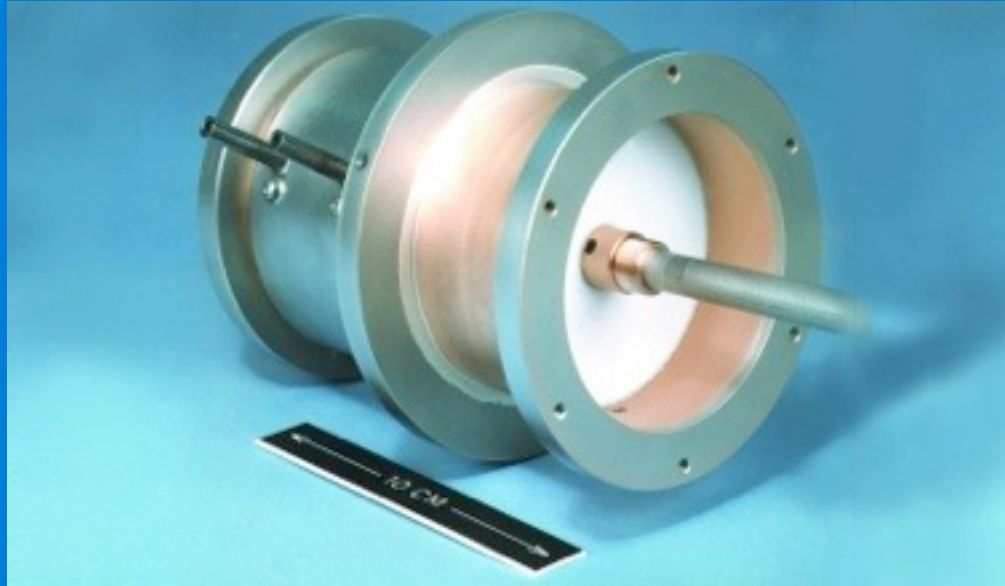


Large scale **Computing**
(Grid)

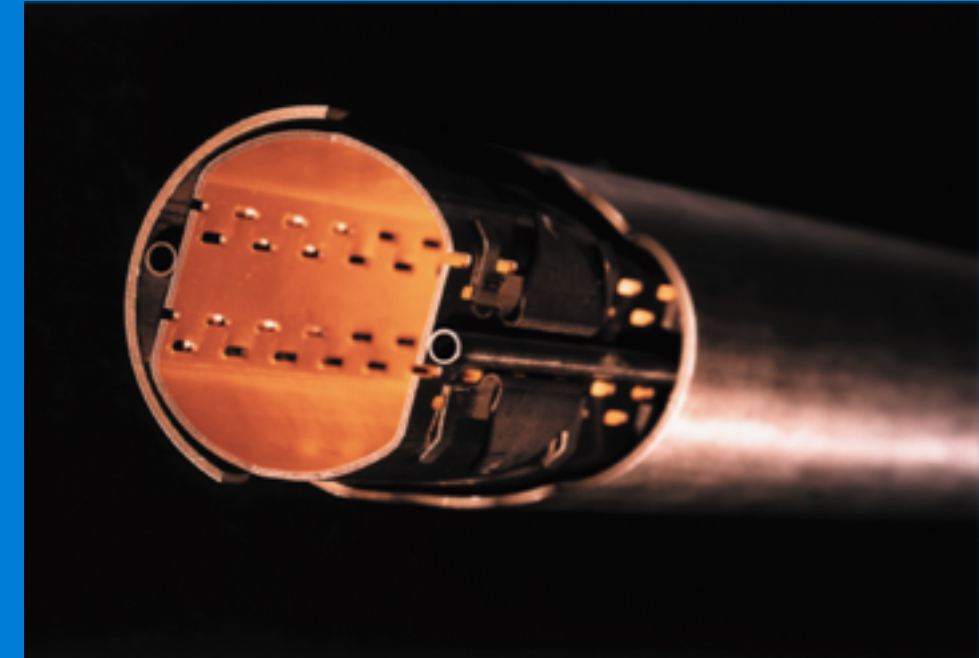
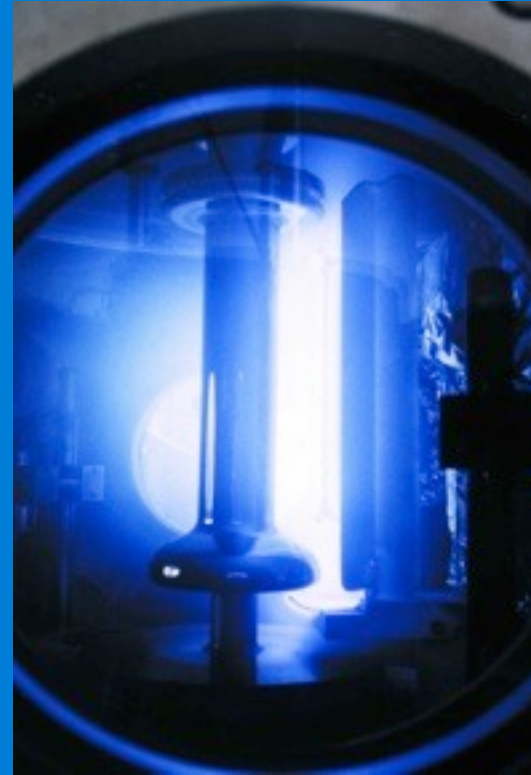


Grid computing for
medical data
management and
analysis

Tecnologie delle Superfici, dei Materiali e degli Acceleratori



Lavorazione di superfici

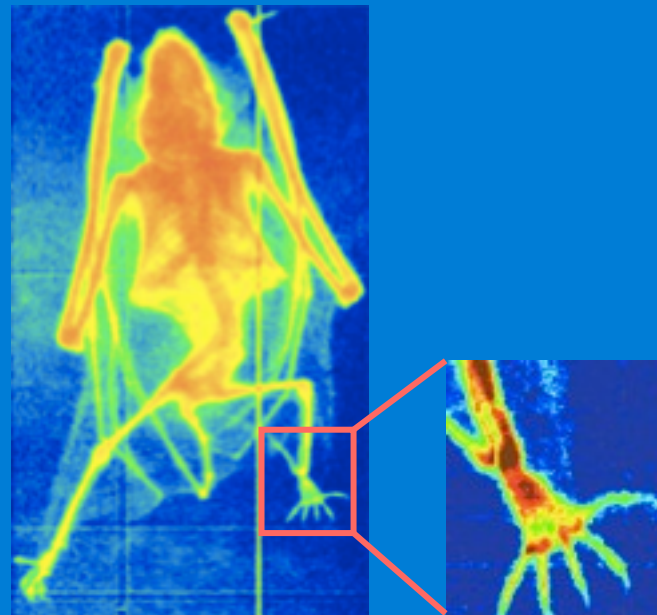


Camere a vuoto di LHC



Superconduttività

Film sottili prodotti per "sputtering", o evaporazione



radiografia di un pipistrello, registrata con un rivelatore GEM

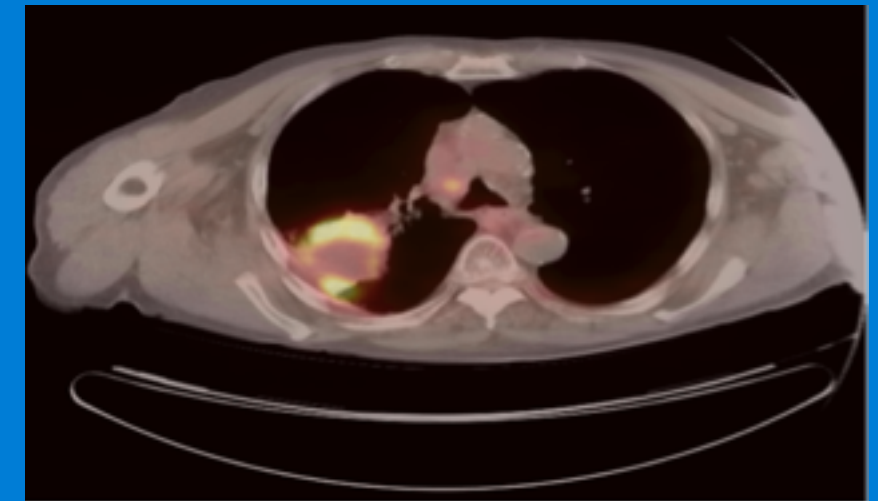


Immagine PET di un tumore con i cristalli per LHC

Computing, Web, Grid


World Wide Web

Inventato al CERN da Tim Berners Lee, all'inizio degli anni '90, per permettere ai gruppi sperimentali delle collaborazioni LEP di mettere in comune dati e documenti,

ha completamente rivoluzionato il modo di comunicare della società' di oggi

2 Dicembre 2003

EUROPEAN LABORATORY FOR PARTICLE PHYSICS

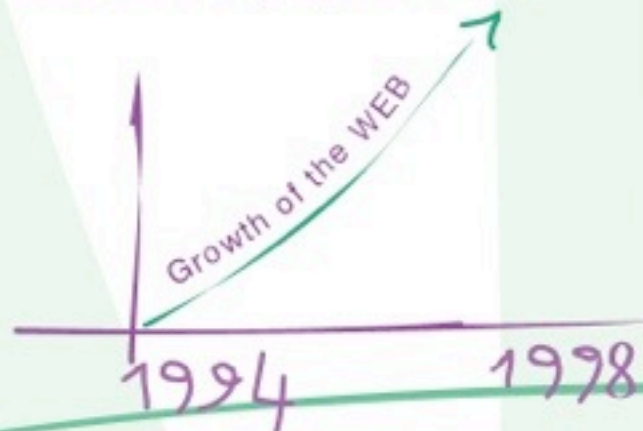


World-Wide Web : Invented at CERN

Everyone knows the World-Wide Web, but not everyone knows that it was invented at CERN. Conceived to give particle physicists easy access to their data wherever they happened to be, the Web has grown into a telecommunications revolution.


What is the Web ?

But what is the Web ? In short, it is a world of information at the click of a mouse. To use it, you need a computer, a connection to the Internet, and a browser programme. When you run your browser, it displays a page of information which might be held on your own computer or fetched from somewhere else, you needn't know or even care where it comes from. Certain words, phrases, or images are highlighted, and clicking on them causes the browser to go off and find another page, which probably contains more highlighted items, and so on. The Web knows no geographical boundaries. For example, starting from the CERN 'Welcome page' in Switzerland, your next click might take you to the other side of the world. All the information seems to be in the little box in front of you, and in a sense it is. When you click on a piece of highlighted text your browser connects to another computer, asks it for the requested information, and displays it on your screen. You are then free to browse the new page at leisure, the computers have finished their 'conversation'.

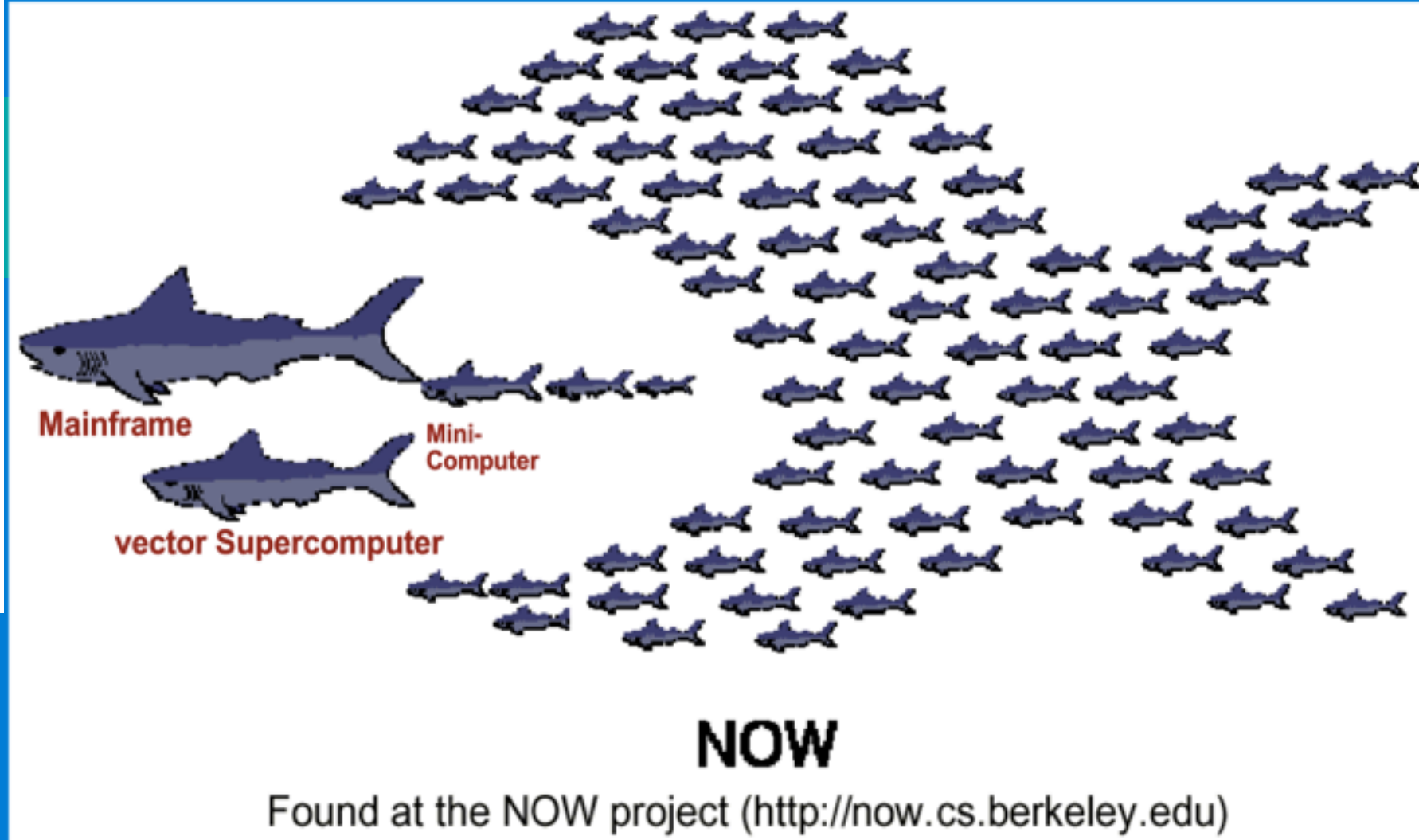


How did it start ?

It all began in 1989, when Tim Berners-Lee proposed a distributed information system for CERN based on hypertext. By hiding network addresses behind highlighted items on the screen, information could be linked between several computers. This system became the Web, with the world as its library.



La rivoluzione degli anni '90: i gruppi di Personal Computer hanno sconfitto i supercomputer



■ PC+Linux: the new supercomputer for scientific applications

obswww.unige.ch/~pfennige/gravitor/gravitor_e.html



www.cs.sandia.gov/cplant/

■ Principle well established; farm examples abound

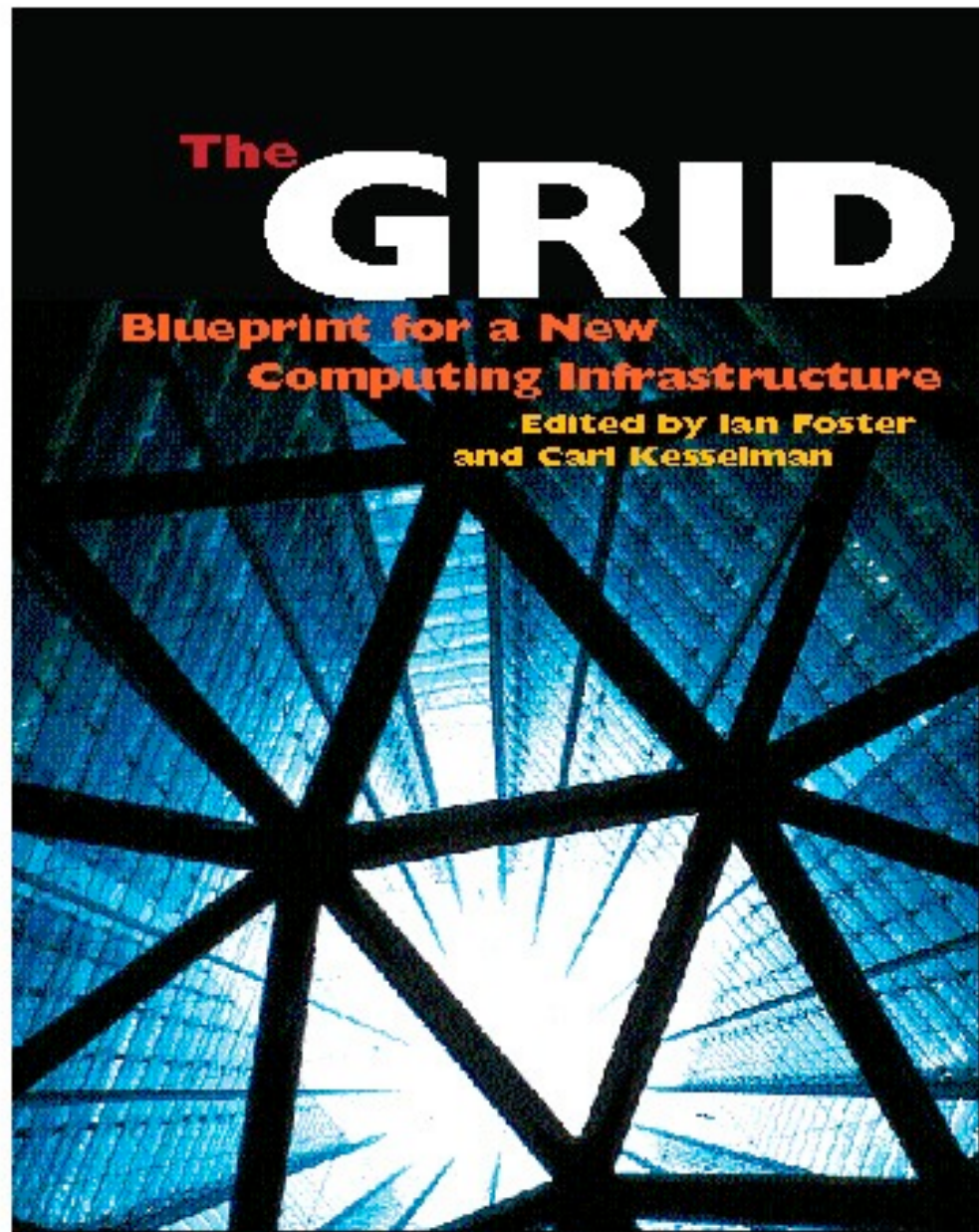


now.cs.berkeley.edu

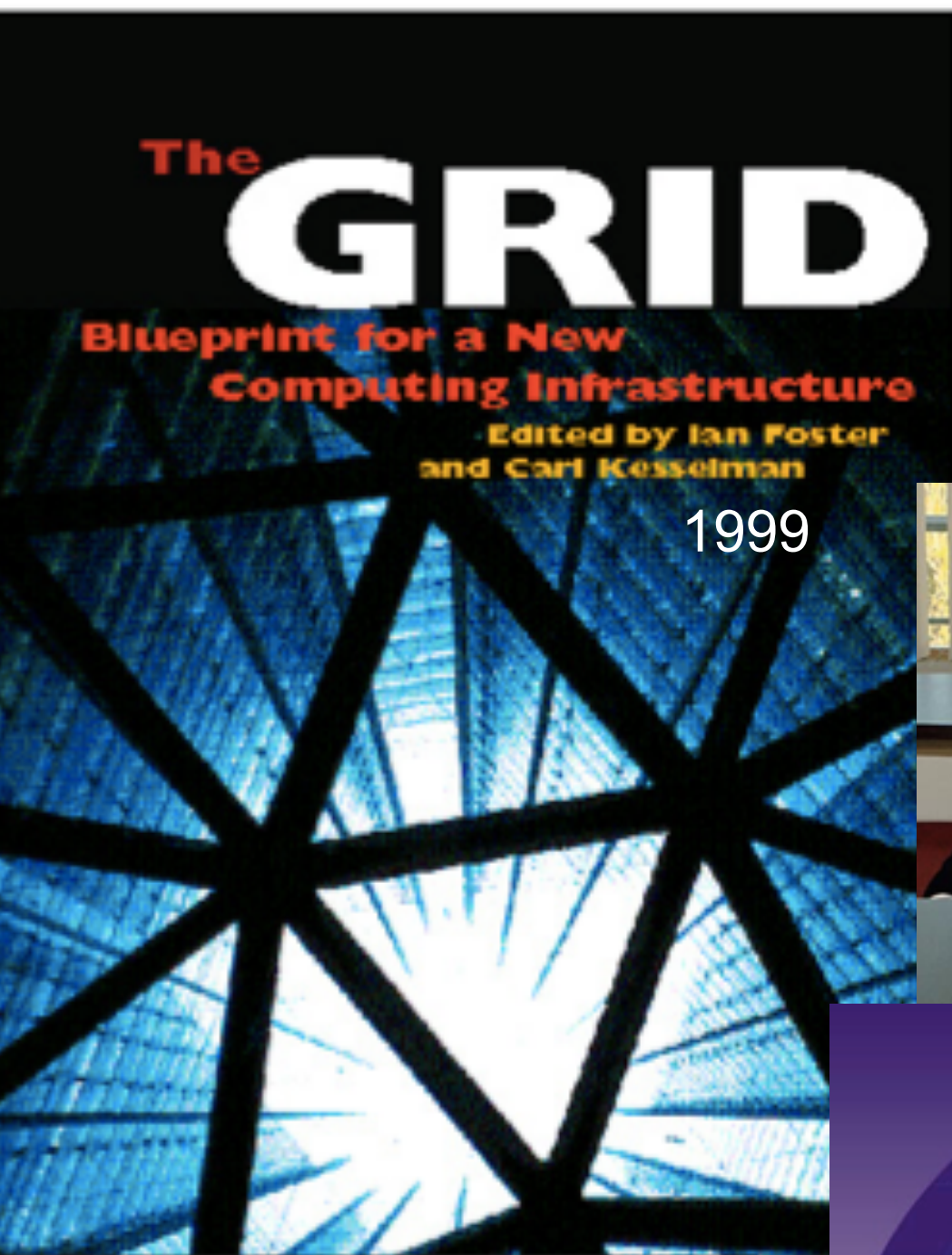


www.ncsa.uiuc.edu/General/CC/ntcluster/

Il prossimo passo



Fusione delle risorse globali per comunicazione dati, analisi dati e archivio globale : la “Data Grid”



1999

CERN
openlab for DataGrid Applications



Manuel Delfino: you make it, we break it



Accordo CERN-Intel

nodi di LHC Grid

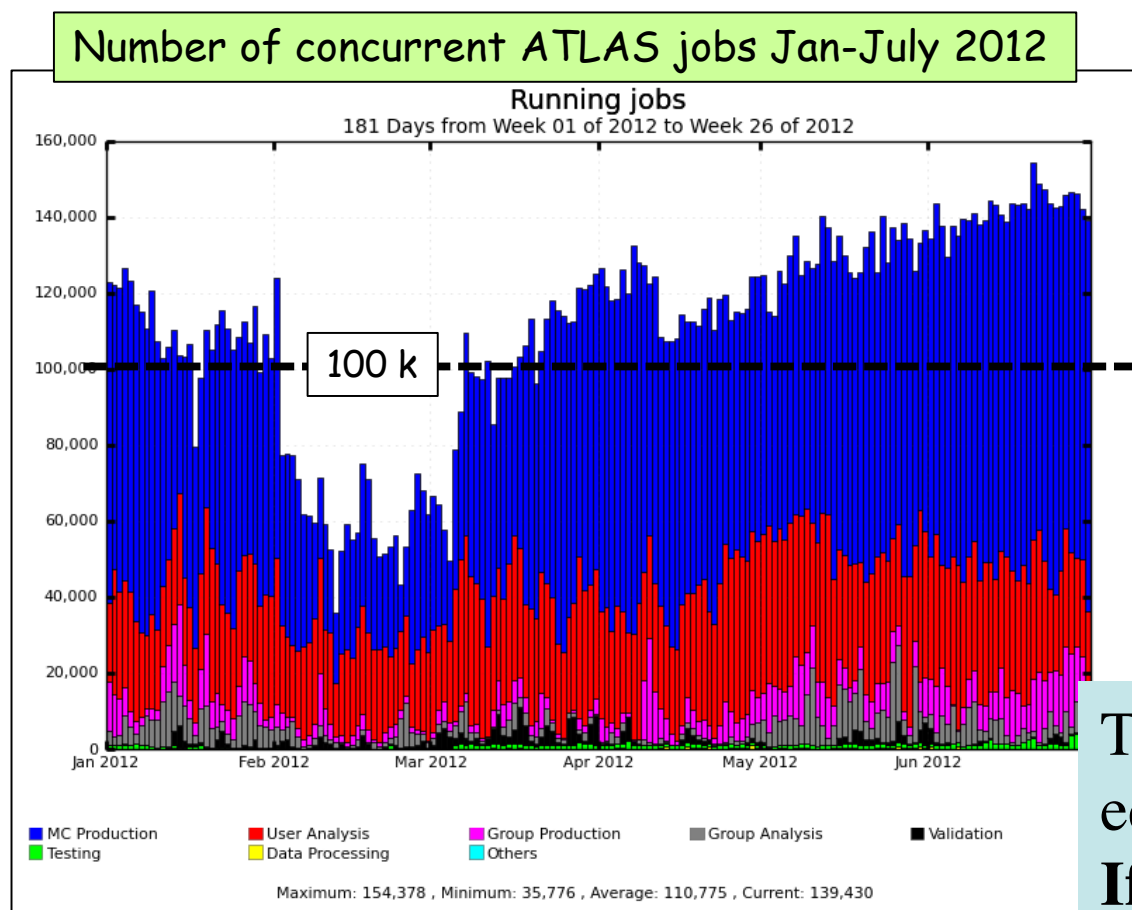


EGEE
Enabling Grids
for E-science

Open Science Grid

The LHC data GRID, launched in 2001... is working perfectly

It would have been impossible to release physics results so quickly without the outstanding performance of the Grid (including the CERN Tier-0)

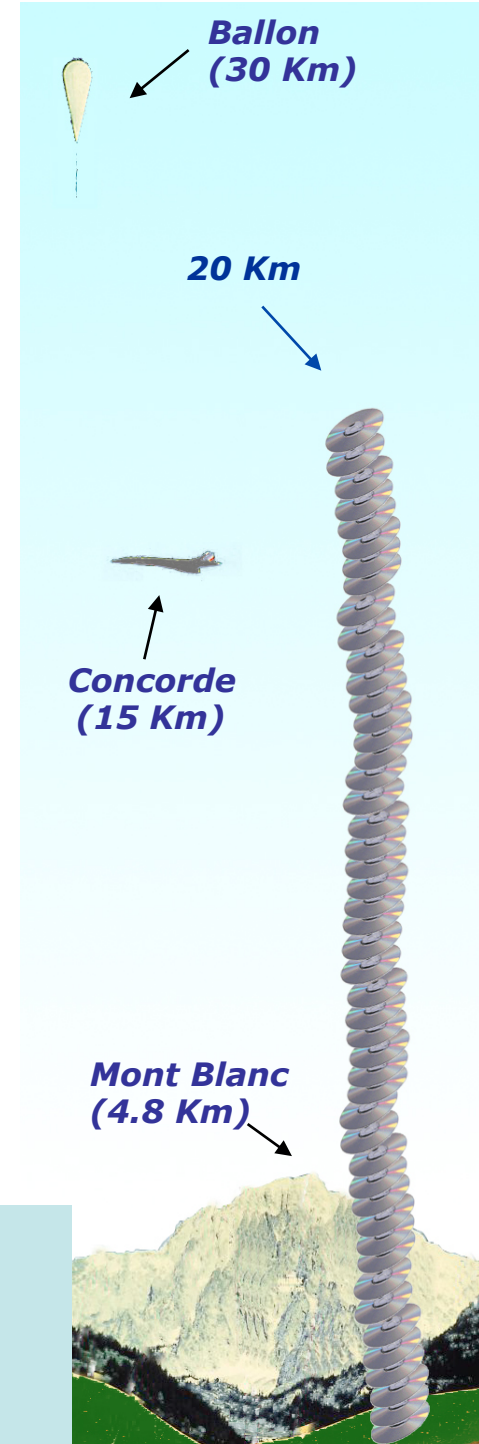


Includes MC production, user and group analysis at CERN, 10 Tier1-s, ~ 70 Tier-2 federations → > 80 sites

> 1500 distinct ATLAS users do analysis on the GRID

The data to be recorded in 1 year are equivalent to **15 millions DVD movies**; If recorded on CDs, they would reach the height of 20 km !!

- ❑ Available resources fully used/stressed (beyond pledged)
- ❑ Massive production of 8 TeV Monte Carlo samples
- ❑ Very effective and flexible Computing Model and Operation team → accommodate high trigger rates and pile-up, intense MC simulation, analysis demands from worldwide users (through e.g. dynamic data placement)



E-health Computing grids

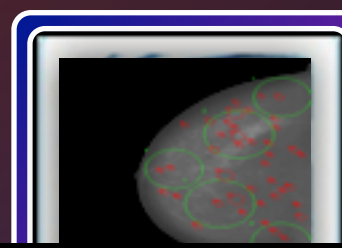
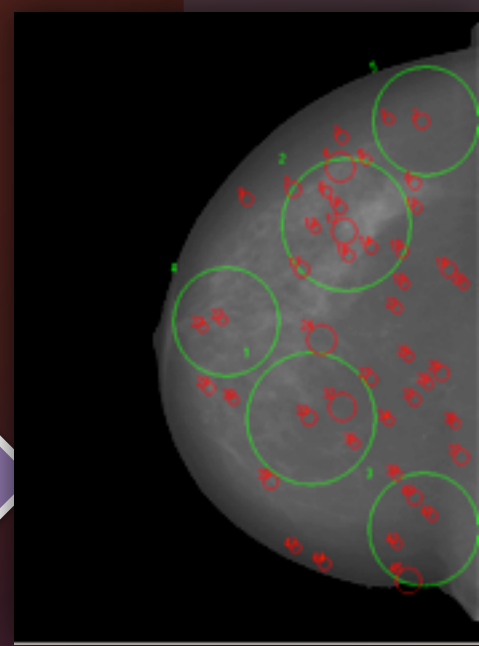




Mammogrid

A grid mammography database

- Second Opinion
 - Cancer Screening
 - Education and Training
 - Reference Database / Repository
- 

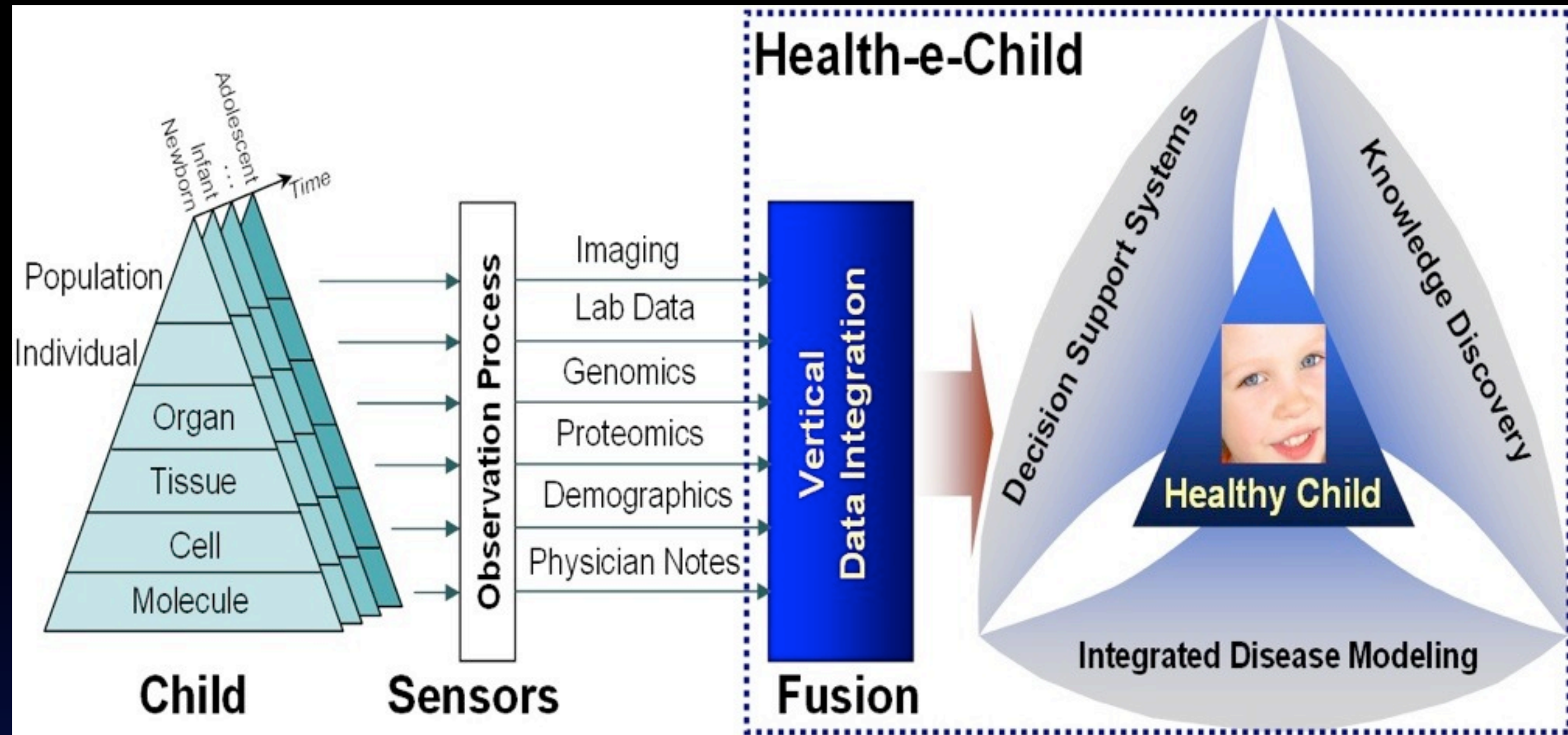


Oncology

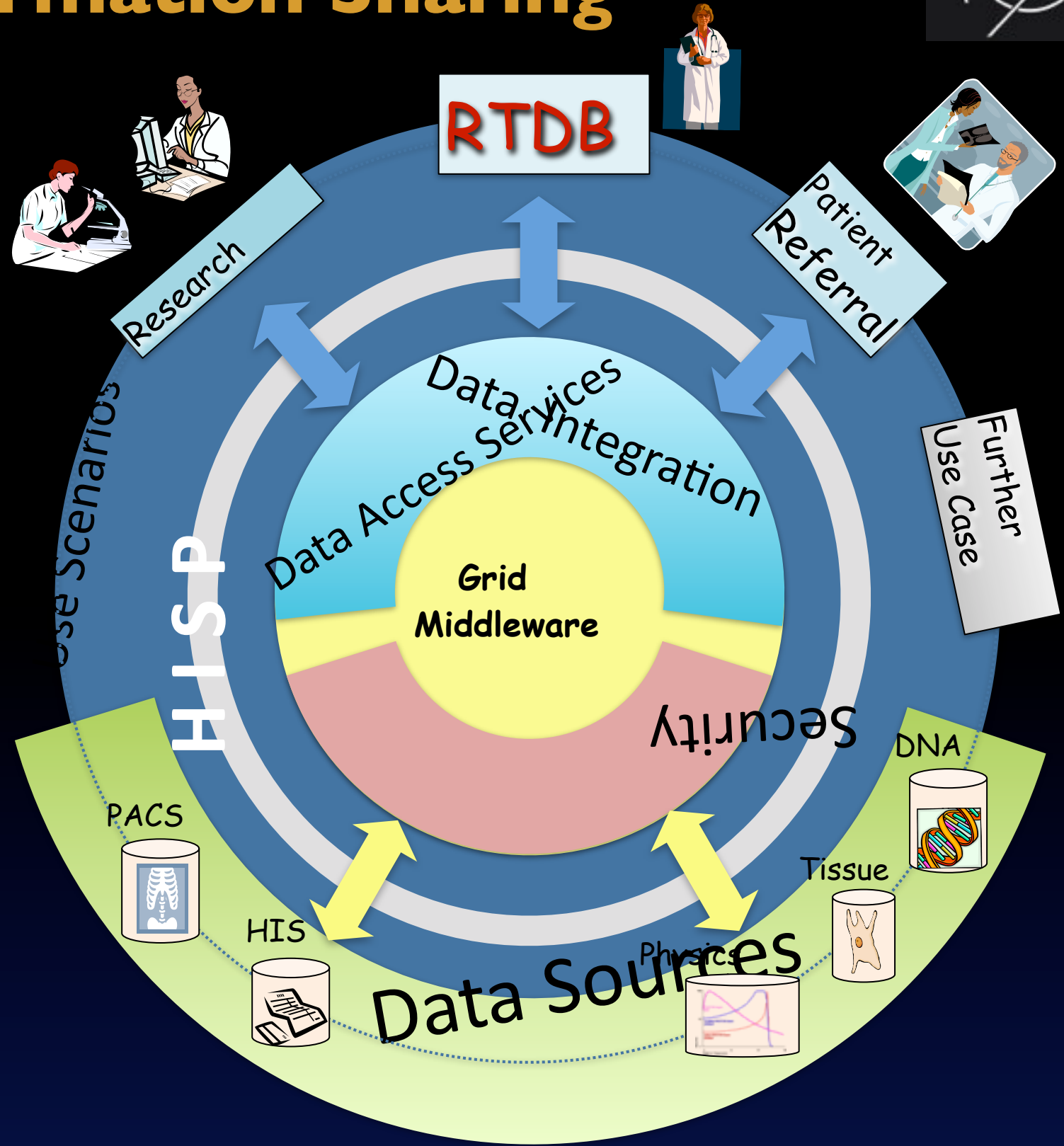
- Breast Cancer (micro-calcifications and masses)

From: **David MANSET**, CEO MAAT France, www.maat-g.com





Hadrontherapy Information Sharing



Imaging in medicina





★ The case of x-rays

✧ 8 November 1895: Röntgen discovers x-rays

✧ 22 December 1895: first radiography of his wife's hand



★ Nobel prize in 1901

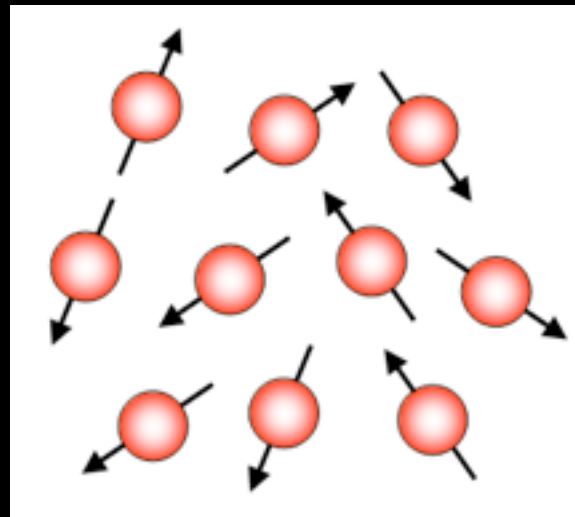
Magnetic resonance



Nobel prize in Physics, 1952



Felix Bloch,
physicist

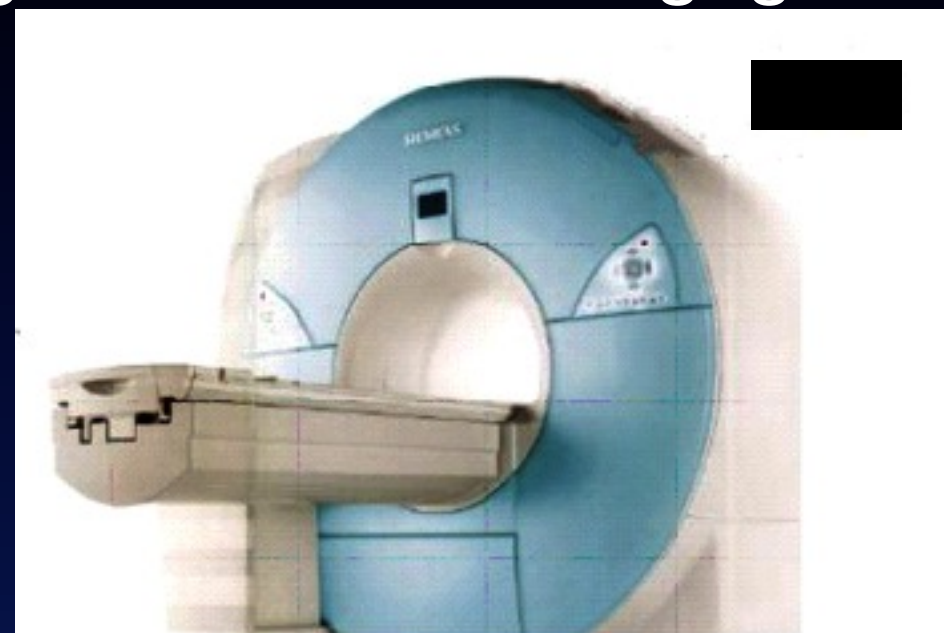


Edward M. Purcell,
physicist

Nobel prize in medicine, 2003
"for their discoveries concerning
magnetic resonance imaging"



Sir Peter Mansfield,
physicist



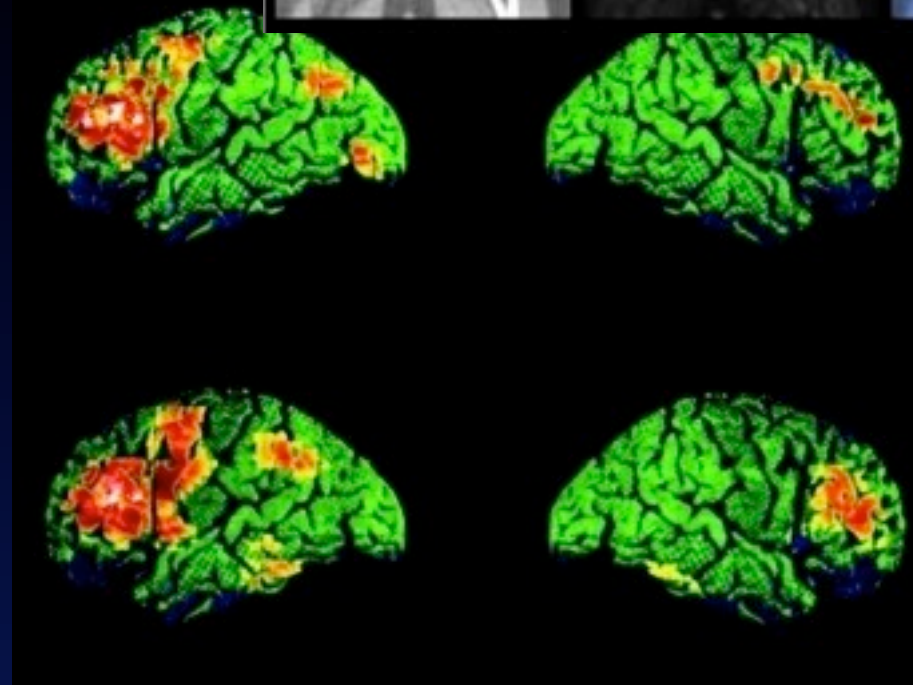
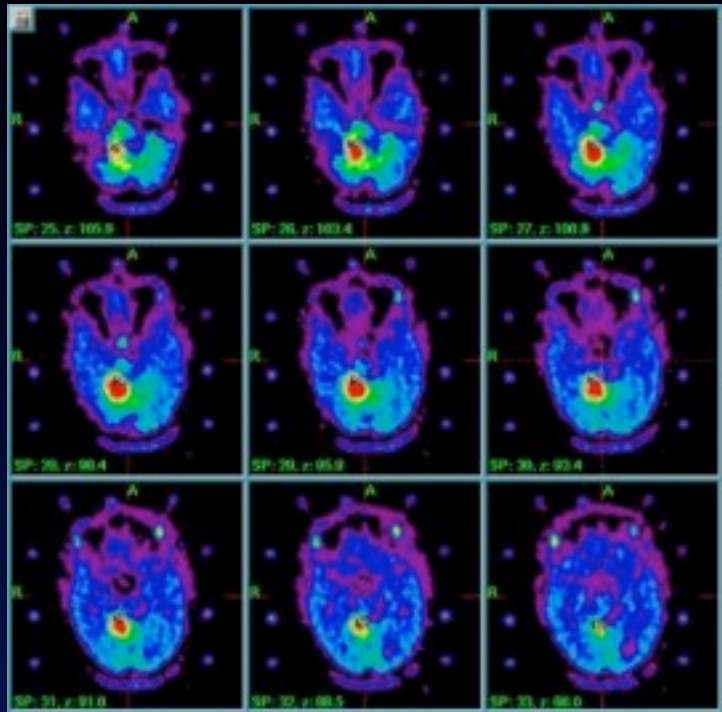
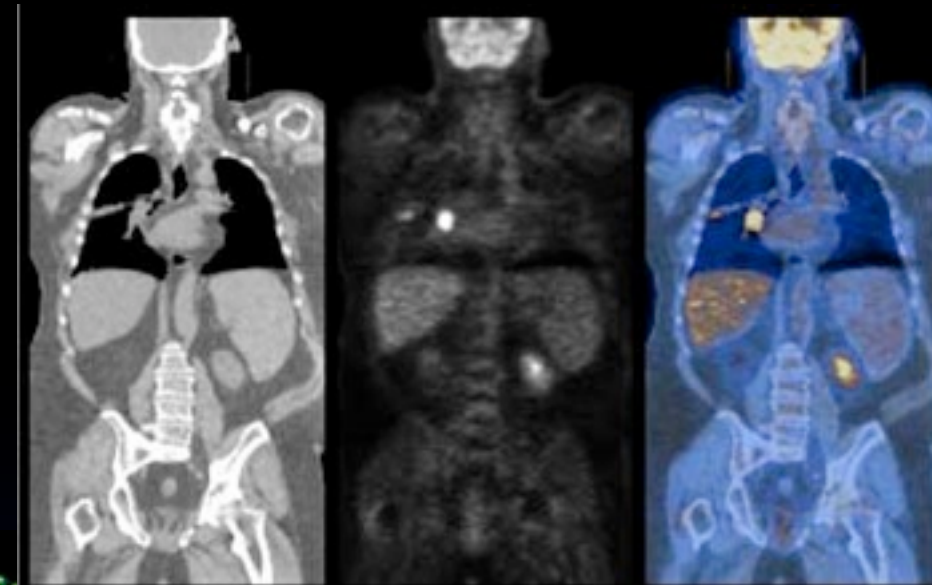
Paul C. Lauterbur,
chemist

PET: antimatter for clinical use

✦ Not only science-fiction



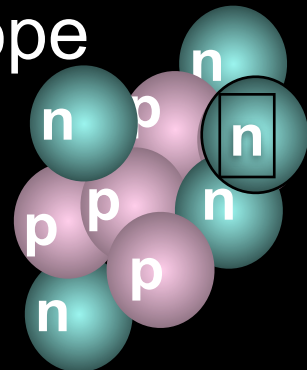
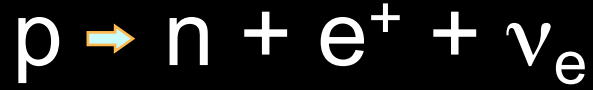
- ✦ Positrons are used daily in oncology
- ✦ PET = Positron Emission Tomography



PET: detection



Neutron-deficient radioisotope

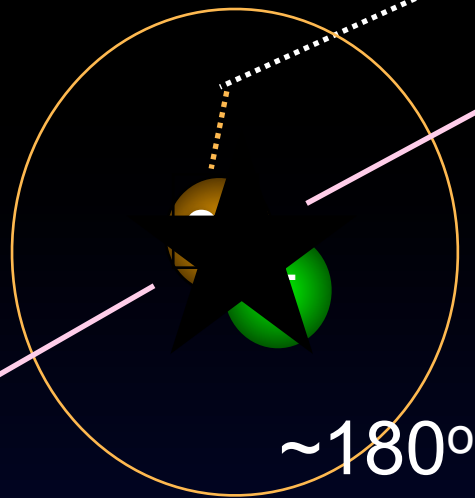


Positron range



detector

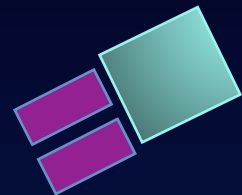
Photon (511 keV)



$\sim 180^\circ$

detector

Photon (511 keV)



PET vs photon detection in HEP: same challenges

- ✦ New scintillating crystals and detection materials
- ✦ Compact photo-detectors
- ✦ Highly integrated and low noise electronics
- ✦ High level of parallelism and event filtering algorithms in DAQ
- ✦ Modern and modular simulation software using worldwide recognized standards

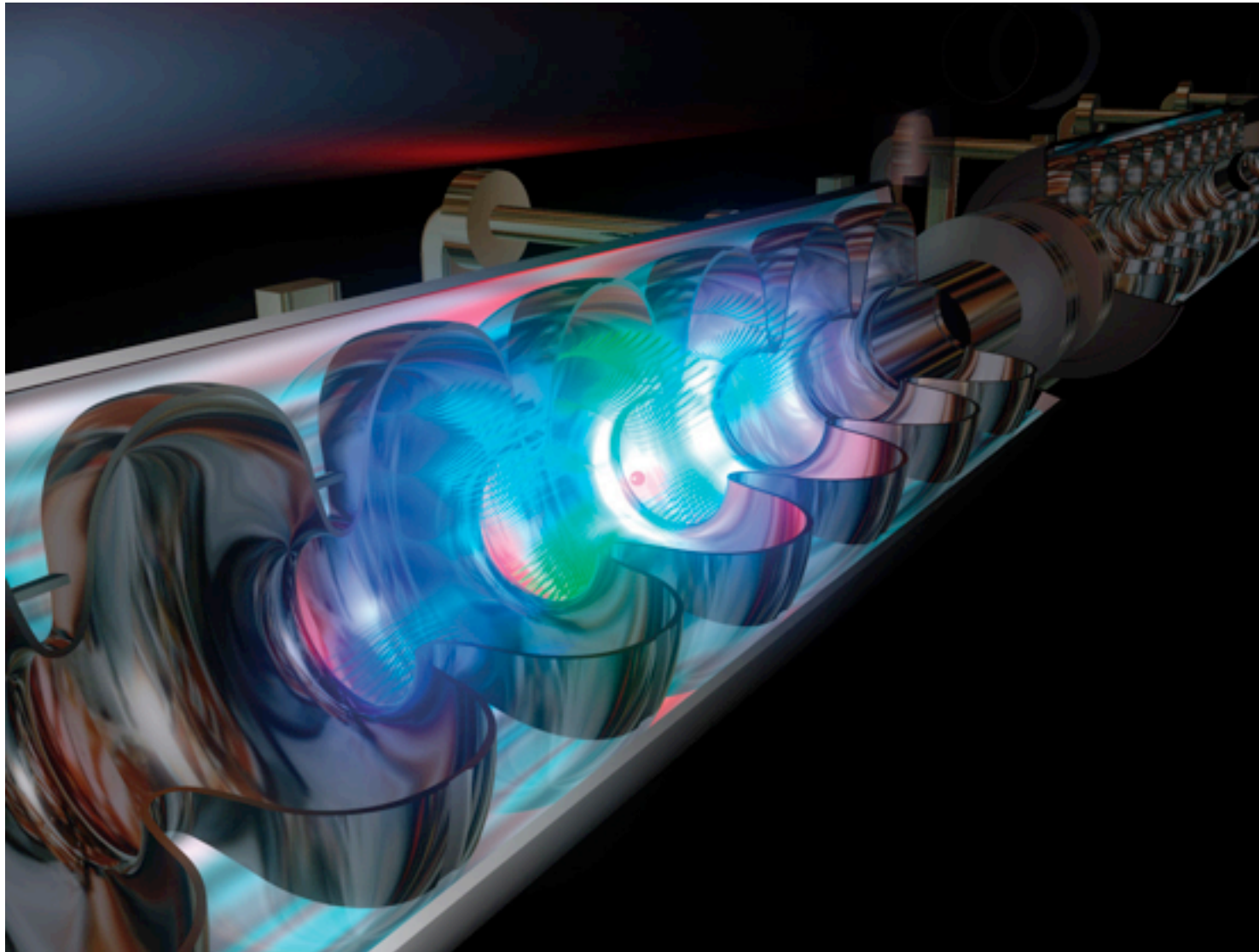


HEP Calorimeter



PET Camera

Acceleratori per la terapia dei tumori



The 3 Cs of radiotherapy

★ Cheap:

✧ the least expensive cancer treatment method (around 5% of total cost)

★ Cure:

✧ Good cure rate (30-40%)

★ Conservative:

✧ generally non-invasive, fewer side effects

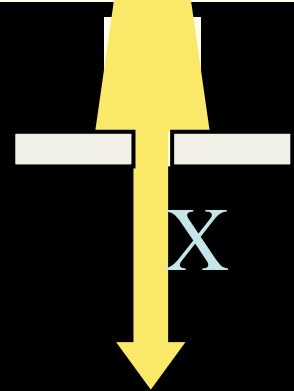
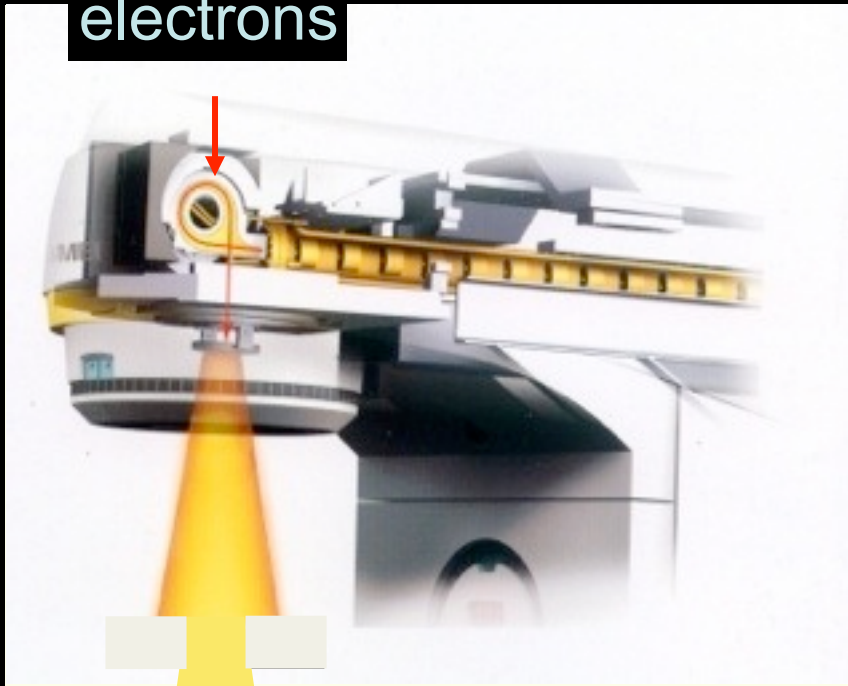


Conventional radiotherapy:

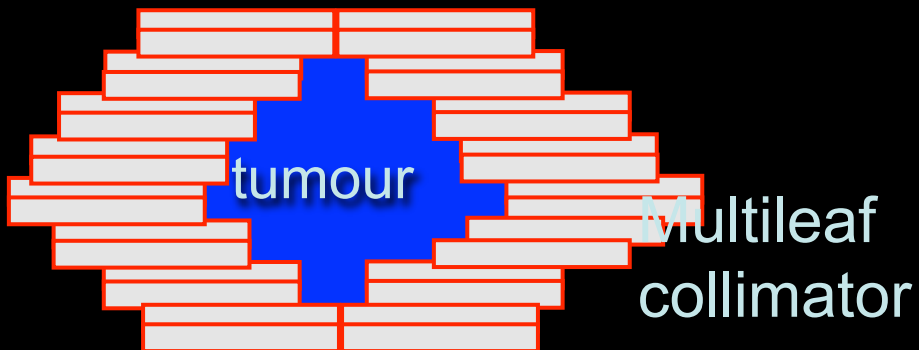


Courtesy of Elekta

electrons



Linac for electrons
@3 GHz
5-20 MeV



20 000 patients per year every 10 million inhabitants

1 linac every <250,000 inhabitants

Alternatives

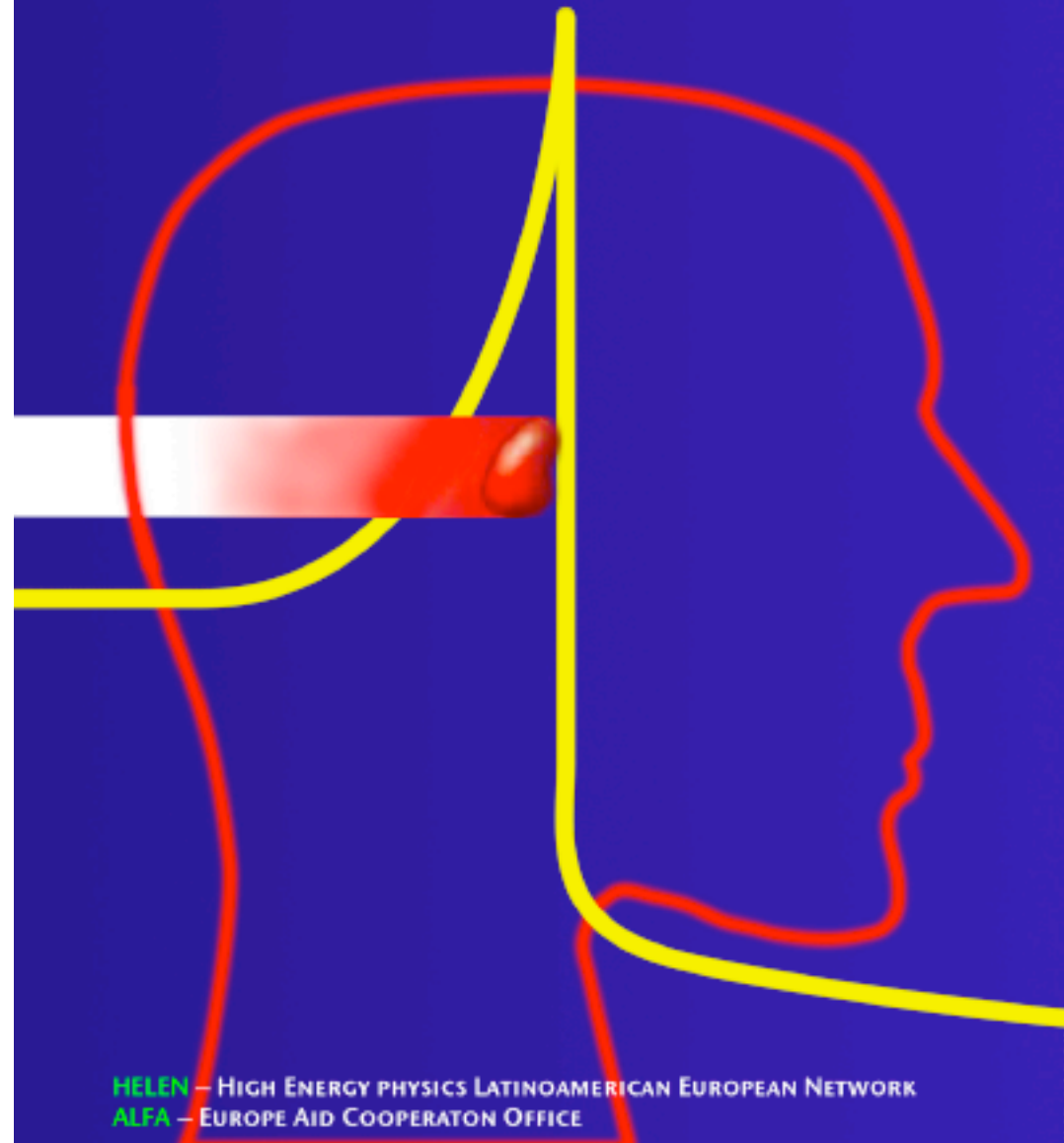


- ★ 1946: article by Robert Wilson
 - ✧ Protons can be used clinically
 - ✧ Accelerators are available
 - ✧ Maximum radiation dose can be deposited into the tumour
 - ✧ Healthy tissues are not damaged
- ★ Birth of hadron therapy
- ★ 1954: first patients treated in Berkeley



HADRON THERAPY WORKSHOP

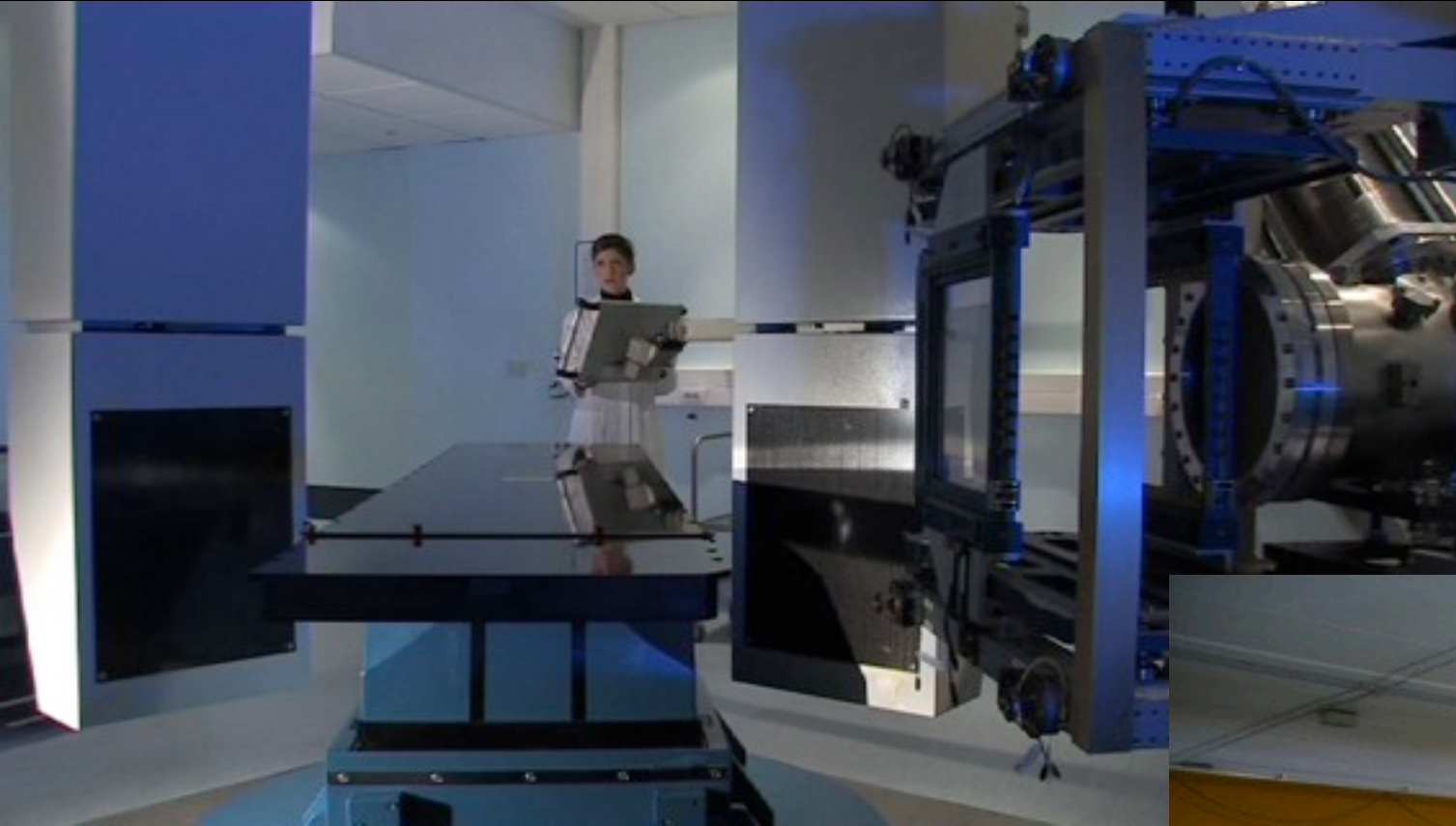
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
MEXICO DF, MEXICO, 28TH-30TH MAY, 2007



HELEN — HIGH ENERGY PHYSICS LATINOAMERICAN EUROPEAN NETWORK
ALFA — EUROPE AID COOPERATION OFFICE

BOBBI - 001/1000000000

CNAO – Italia (Pavia)



Conclusioni

- La scoperta del bosone di Higgs ha acceso i riflettori sulla Big Science:
- particelle, cosmologia, spazio, genoma, epigenetica...
- alle frontiere della conoscenza e della tecnologia, queste ricerche hanno mantenuto immutato il loro fascino e il potere di attrazione sui giovani
- un modo nuovo di fare ricerca: messa in comune di risorse tra paesi e regioni, team internazionali, programmazione su tempi lunghi, collaborazione estesa con il mondo delle piccole-medie-grandi imprese
- importanti ricadute sulla società: la web, adesso la GRID (Cloud), calcolo intensivo, data mining, terapia con protoni e nuclei, imaging medico...
- una fonte essenziale di innovazione non legata alle esigenze del mercato nel breve termine
- L'Italia ha avuto fin dall'inizio un ruolo da pioniere

Un'opzione irrinunciabile per il nostro Paese