1954-2004

CERN

Globe of Innovation

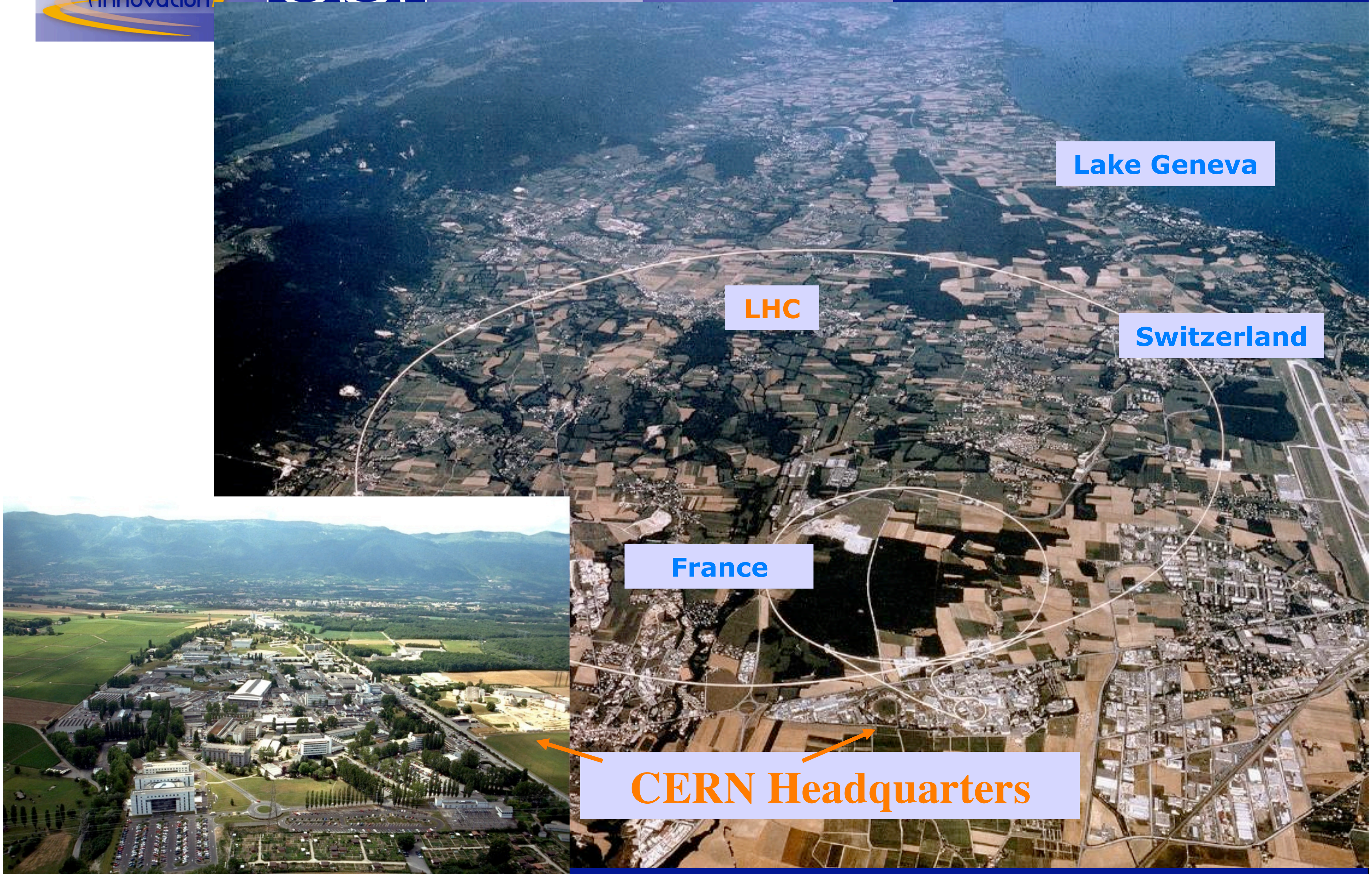
European Organization for Nuclear Research

"CERN for Videregående"

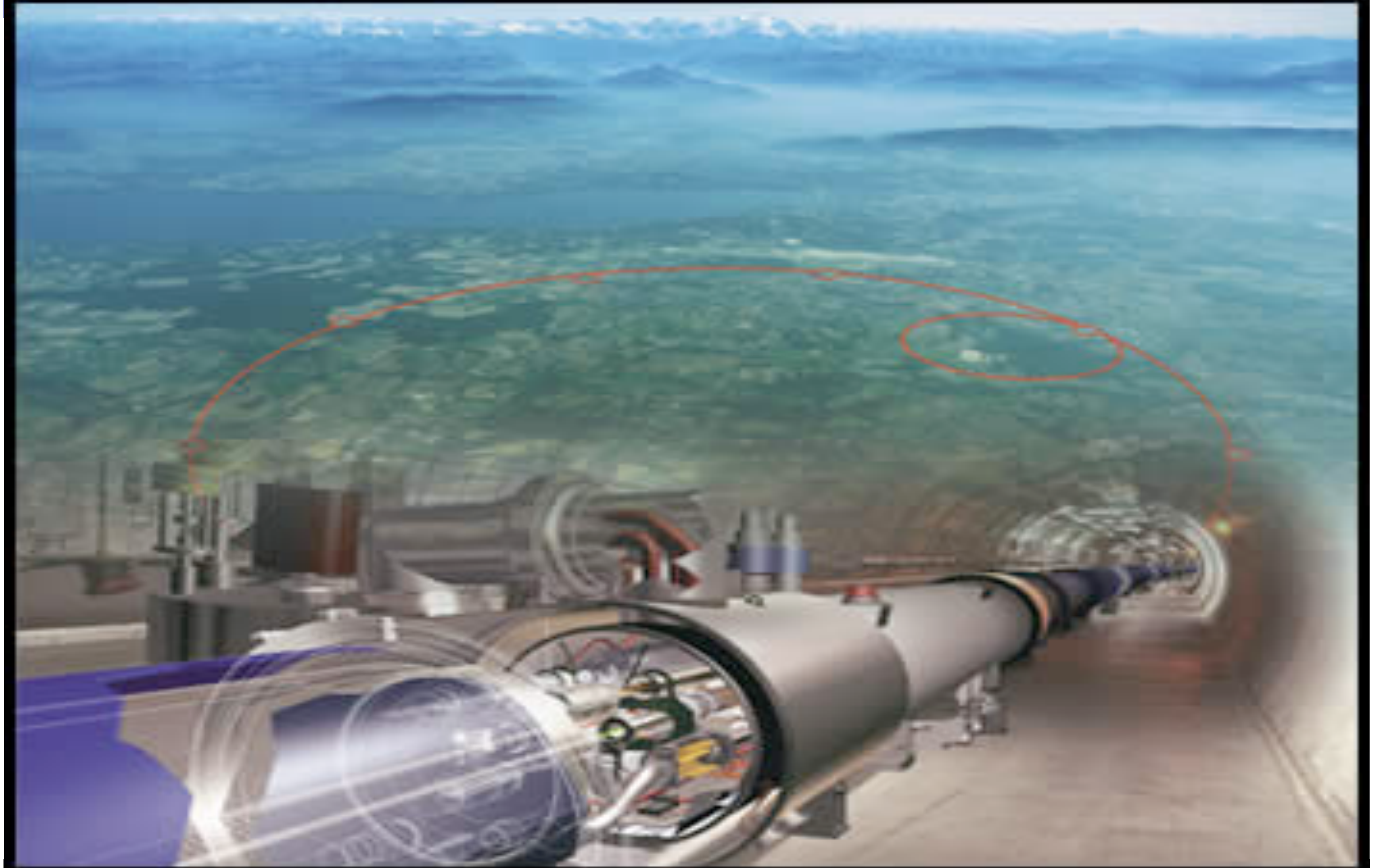
Fysikken
Akseleratoren
Detektorene

Presentasjon av Erik Adli og Steinar Stapnes
2009

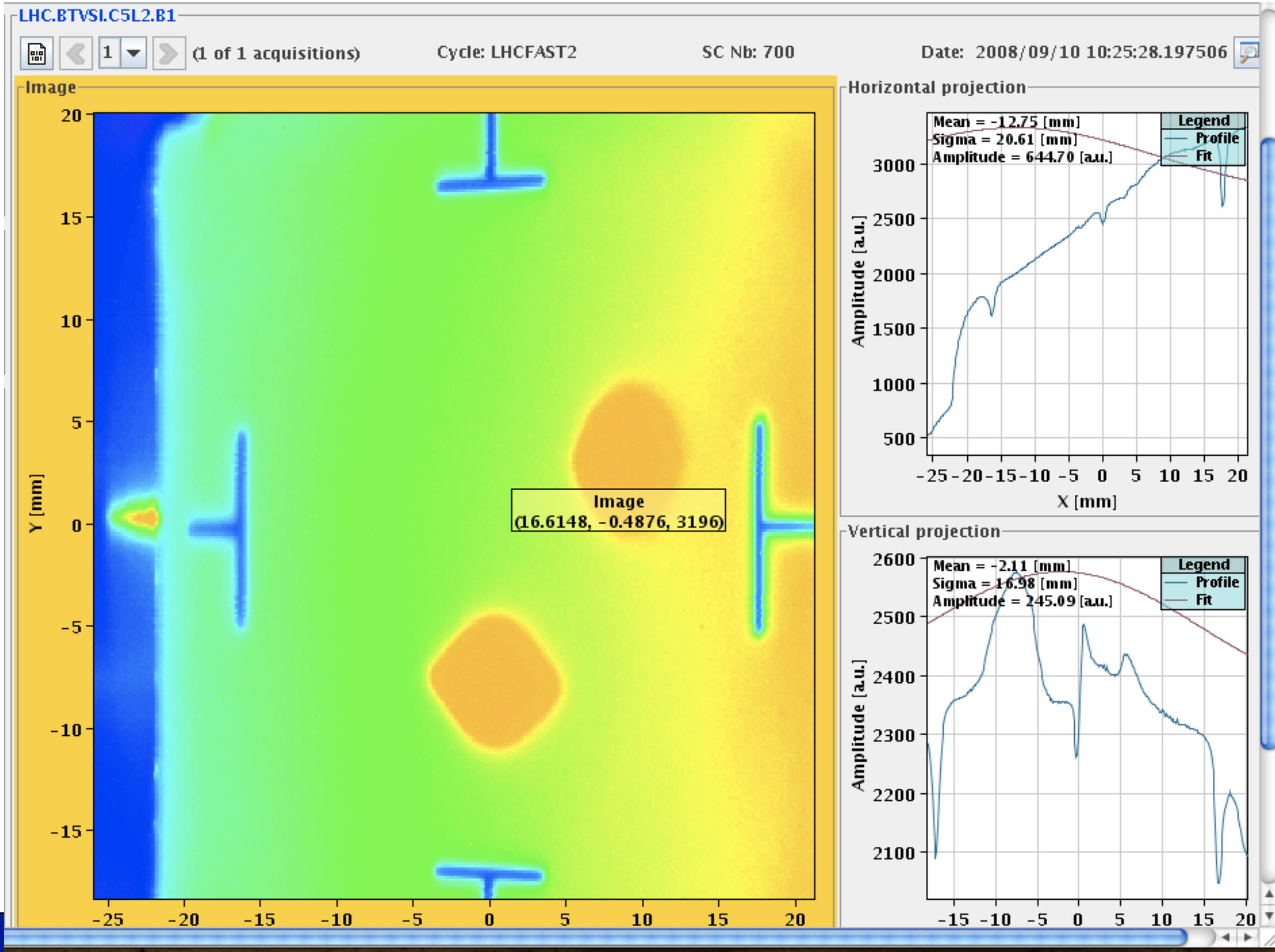
CERN-området



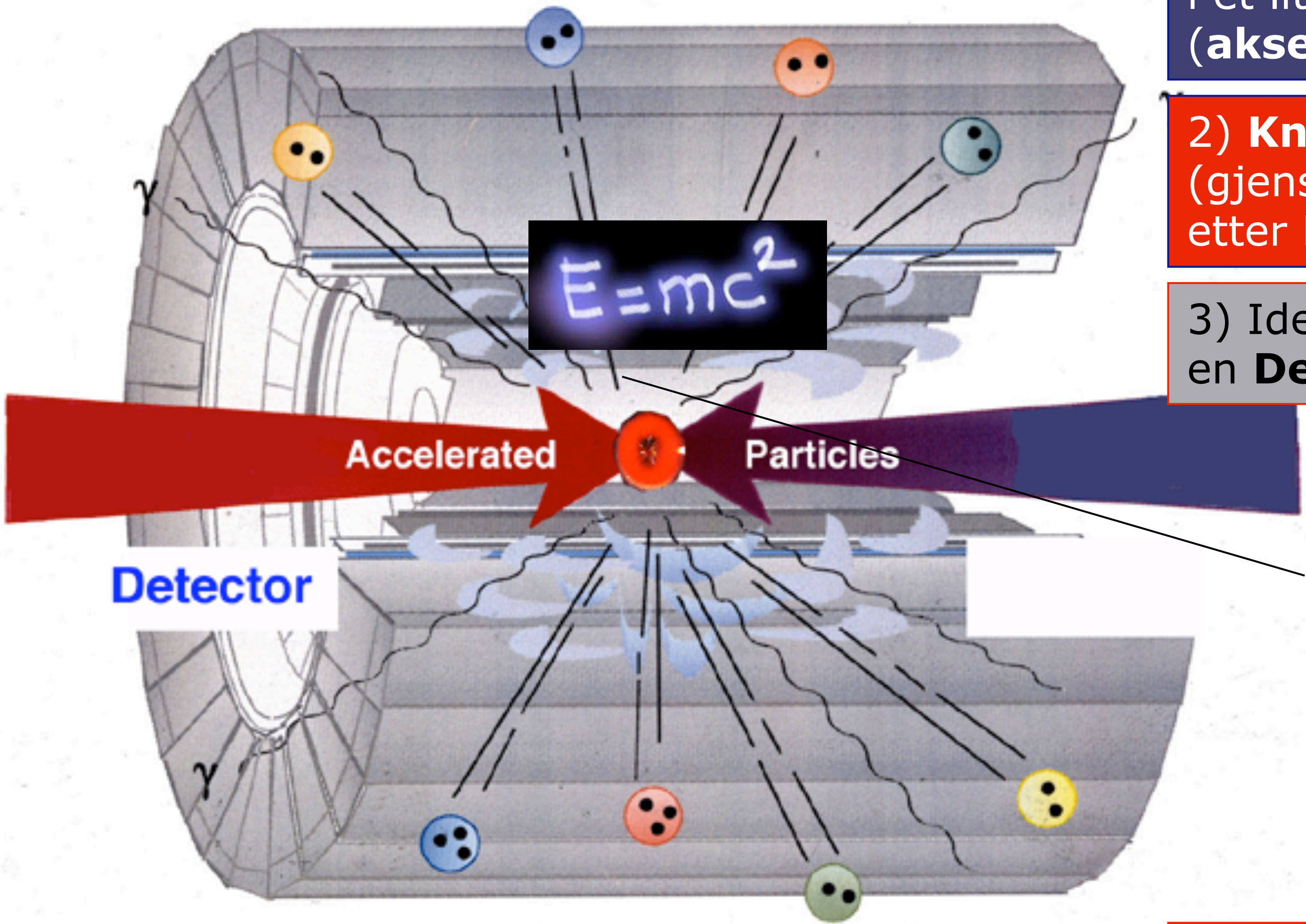
LHC



LHC FIRST BEAM 10 Sep. 2008



Hva er partikkelfysikk?



1) Konsentrere stor energi i et lite volum (**akselerator**)

2) **Knuse** partikler (gjenskaper forholdene like etter Big Bang)

3) Identifisere skapte partikler i en **Detektor** (ny fysikk)

+ dataanalyse (IT, GRID ...)

Vi skal se nærmere på...

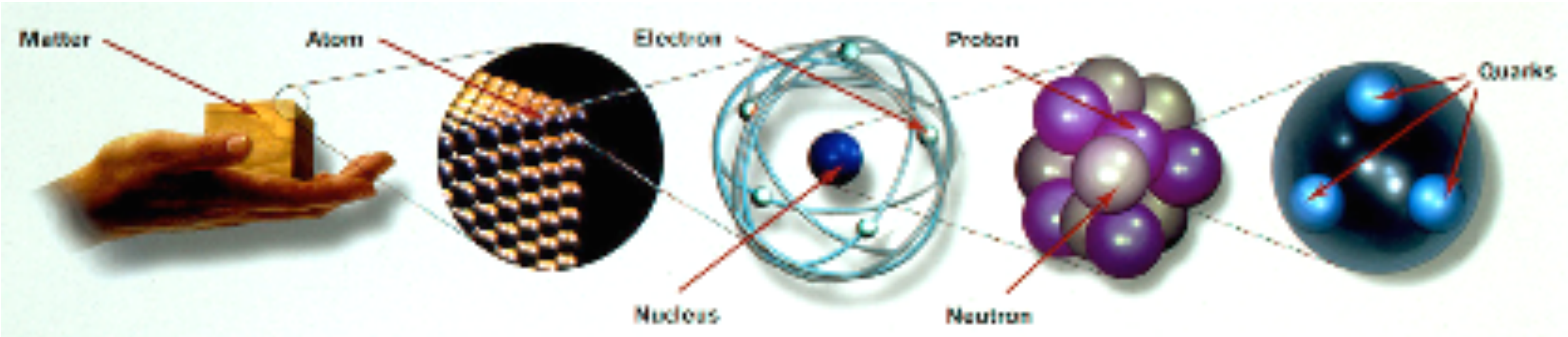
I. Partikkelfysikken

II. Akseleratoren LHC

III. Detektoren ATLAS

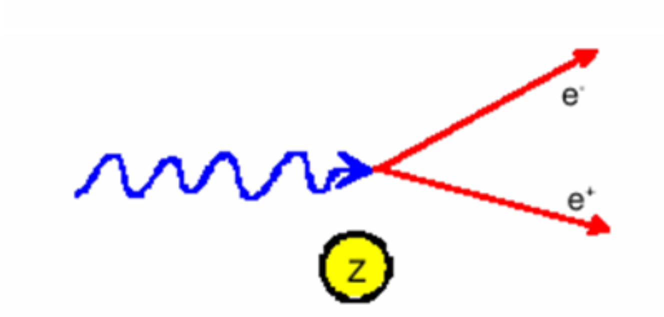
...først skal vi få en liten smakebit av partikkelfysikken - det CERN er til for

$10^{-18} = 0.000000000000000001$



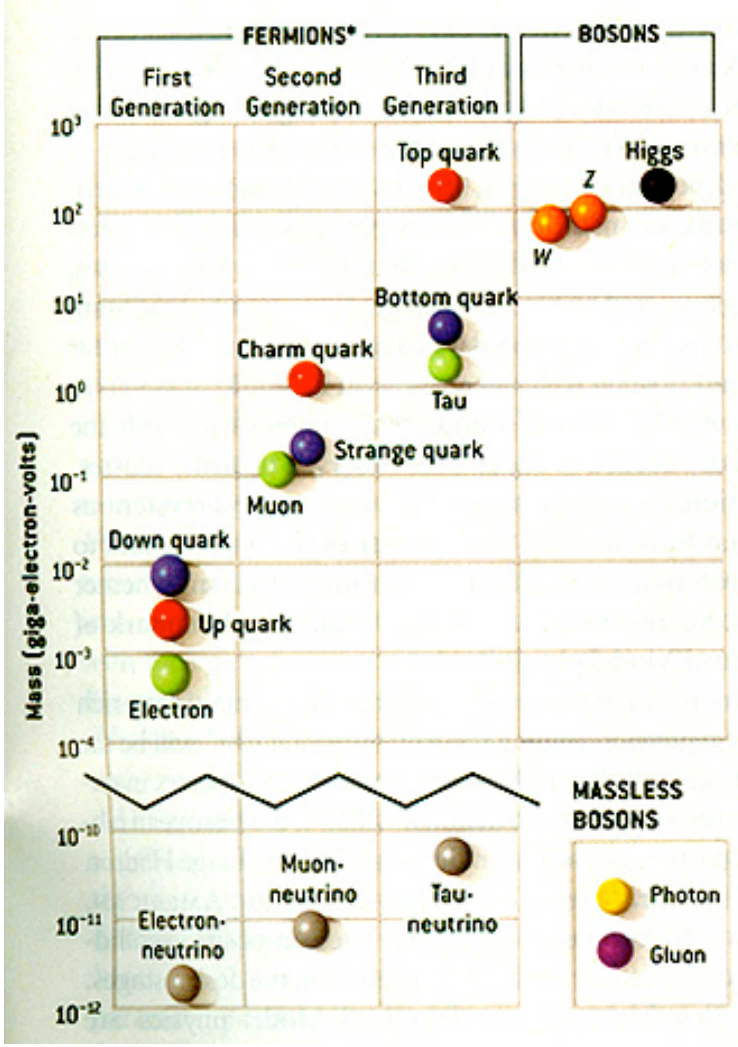
meter: 10^{-10}, 10^{-14}, 10^{-15}, 10^{-18}

År: 1910, 1960

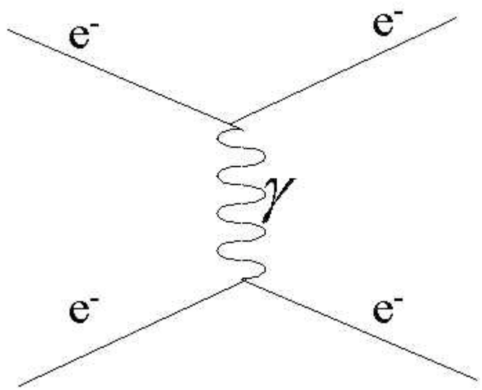


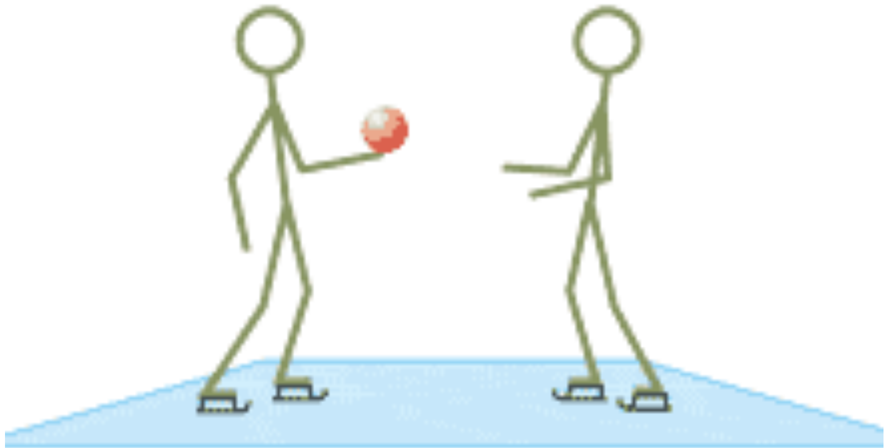
Pardanning: $E_{foton} = 2m_ec^2 + E_k$ 3FY

Nye partikler: større masse enn de som hittil er funnet ⇒ **mer energirike** kollisjoner trengs, $E_{C.O.M} = mc^2$

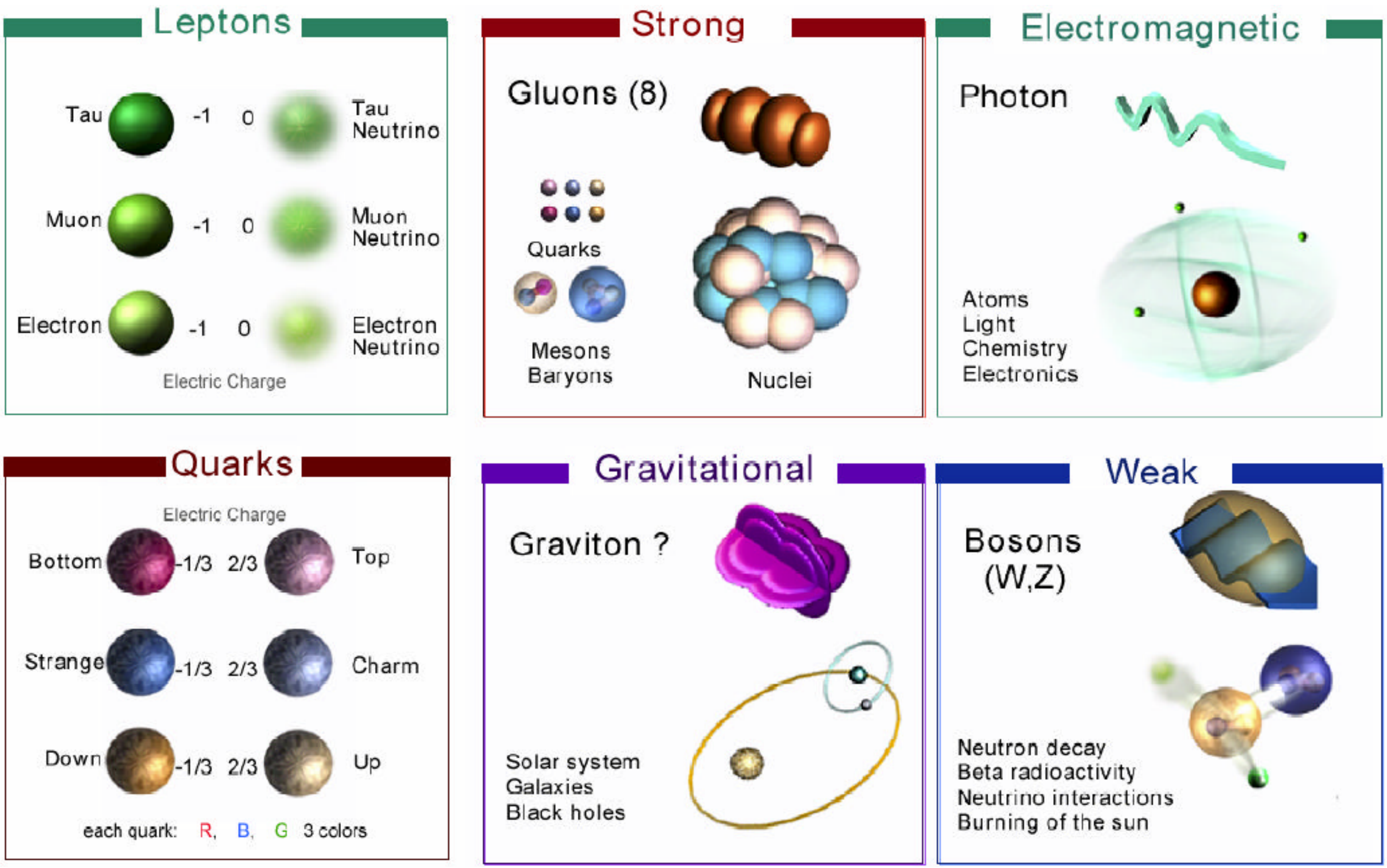


Krefter: utveksling av elementærpartikler!

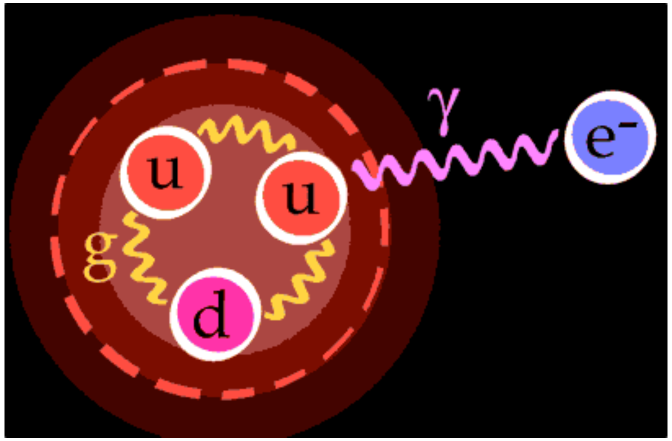




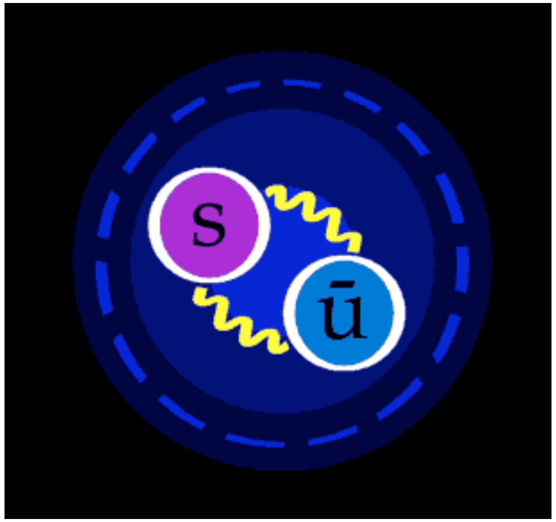
Elementærpartikler og vekselvirkninger



Noen partikler og fysiske prosesser

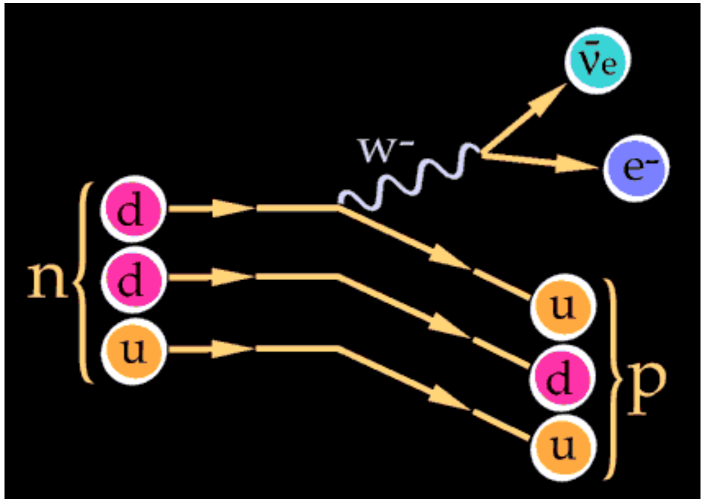


Hydrogenatom



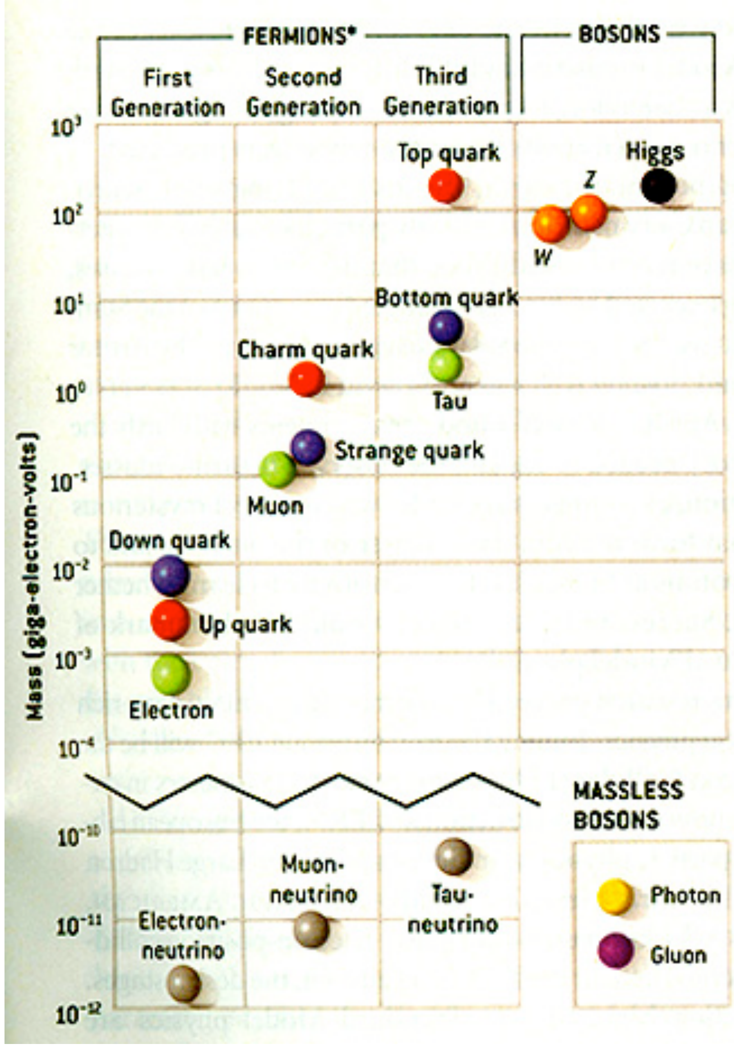
Mer eksotiske (ustabile!) partikler i akseleratorer

K- (kaon)



Betastråling

$${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$$



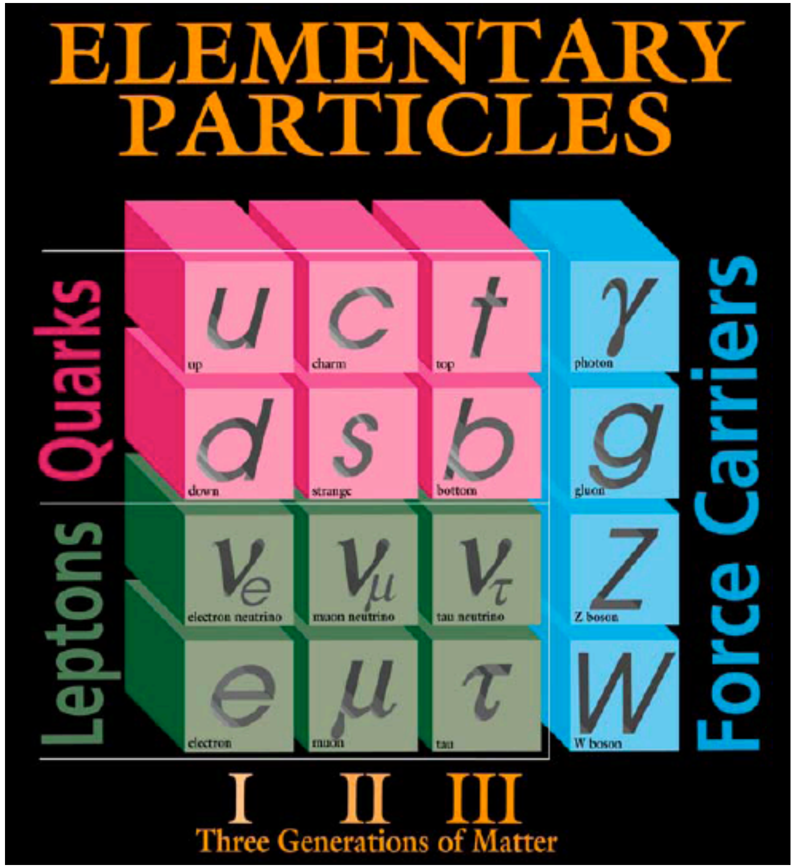
Higgs...?

Et av de viktigste bærebjelkene for standardmodellen for partikkelfysikk er ***Higgspartikkelen***

For å forklare partiklers masse ***forutsettes*** i modellen et Higgsfelt som fyller hele universet – med en tilsvarende **Higgspartikkel**

Til nå har ***intet fysikkeksperiment*** oppdaget Higgs - finnes Higgsfeltet, er det andre mekanismer inne i bildet_

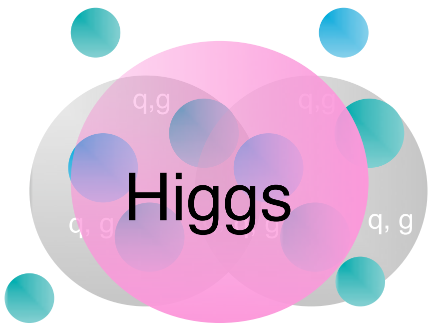
LHC skal garantert kunne finne Higgs – hvis den eksisterer

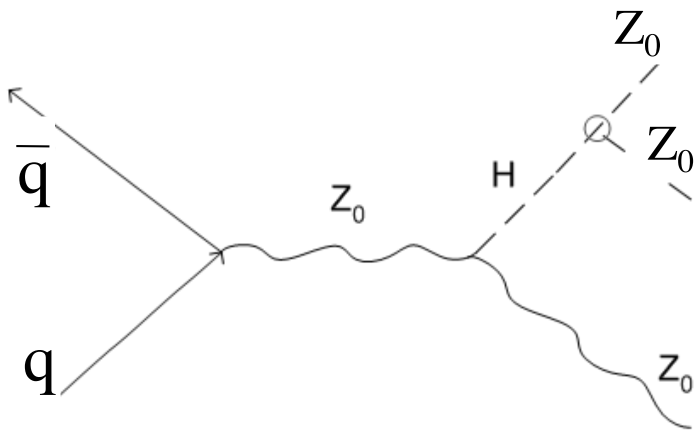


STANDARDMODELLEN
- 3 familier -

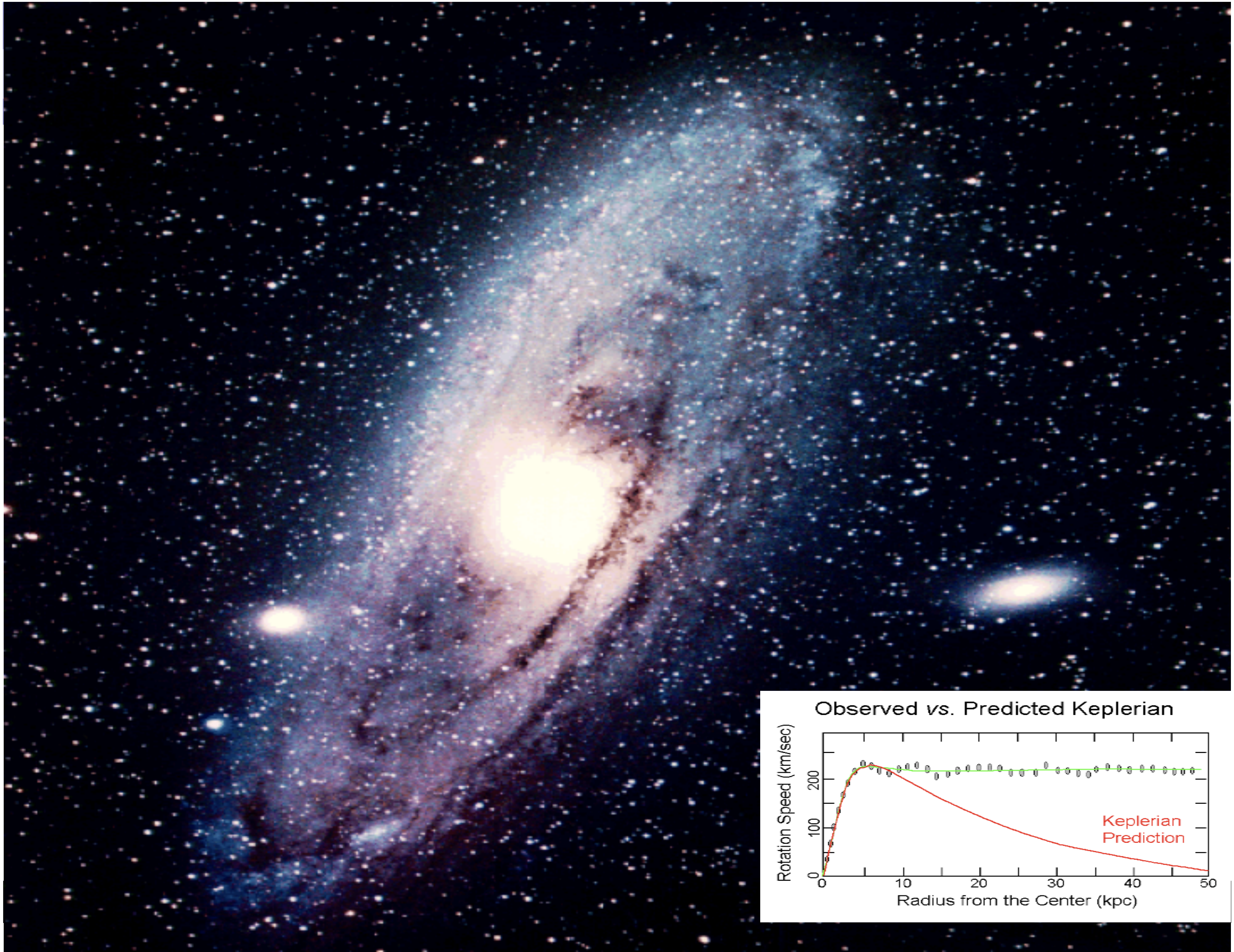
Jamfør kvantefeltteori (basis for standardmodellen) kan nye partikler bli skapt i kollisjonspunktet

- ***Annihilasjon*** av to elementærpartikler (f.eks. en kvark og en antikvark)
- Nye partikler kan genereres (tenk: pardanning)





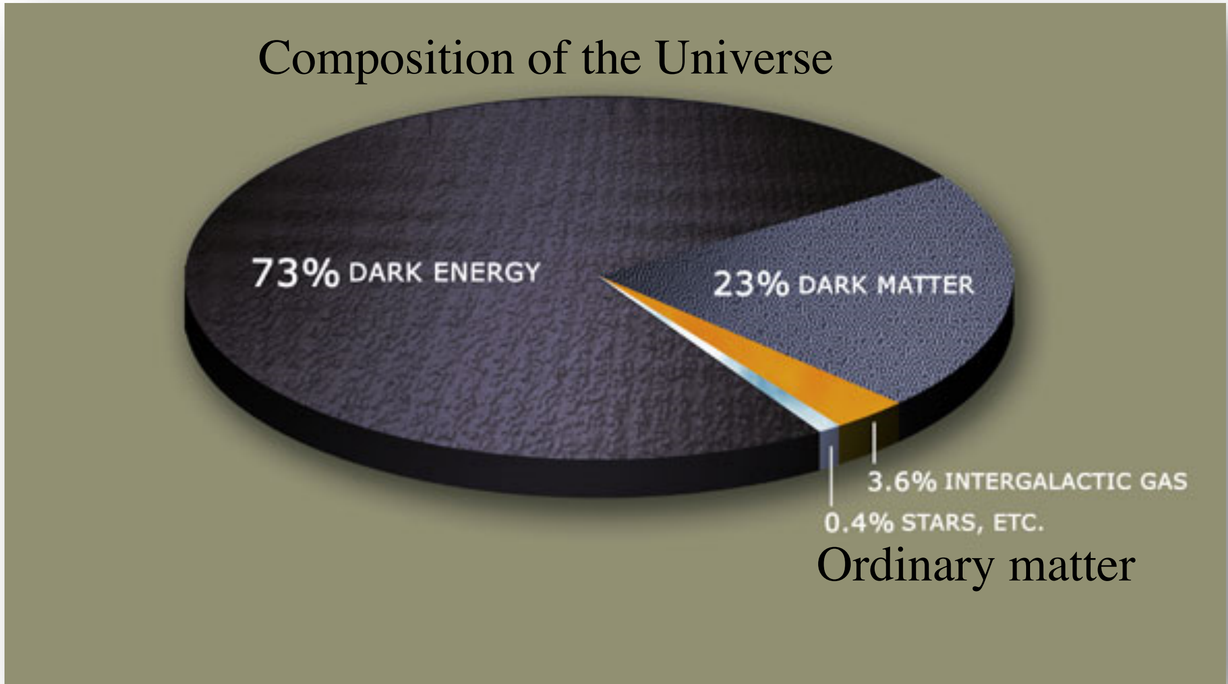
- To store utfordringer:
  - De fleste partikler er ustabile, noen lever kun 10^{-20} sekunder. Disse partiklene vil derfor nesten umiddelbart henfalle til andre partikkeltyper
  - Det er en prosentvis svært liten sjanse for at de mest sjeldne partikkeltypene blir dannet i en kollisjon. Derfor trenger vi **mange kollisjoner** for å observere dem.



Observed vs. Predicted Keplerian
Rotation Speed (km/sec)
0
100
200
Radius from the Center (kpc)
0
10
20
30
40
50
Keplerian
Prediction

But there is More than just Matter and Antimatter

Looking at our Universe we see much more than ordinary matter (or antimatter)



We call this extra stuff "dark matter" because we cannot see it. But what is it?

Vi vet egentlig ingenting!

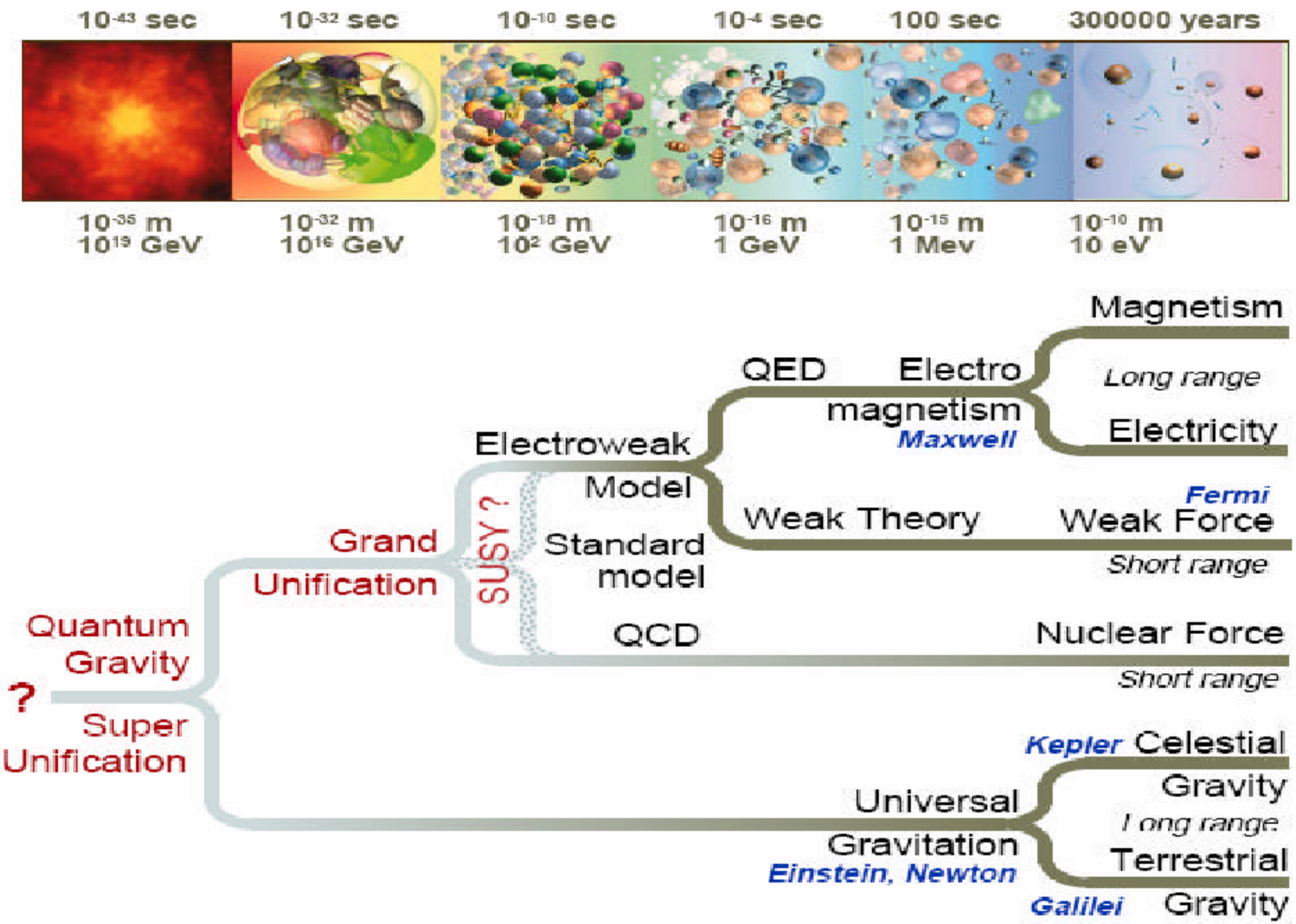
Hvorfor akkurat tre familier? Antimaterie?

Standardmodellen krever denne merkelige Higgs for å gå opp

LHC vil hjelpe oss å forstå noe av dette!

Mørk materie, supersymmetri, Forening av vekselvirkningene...

Vekselvirkningene – en og samme kraft?



Fundamental division of physicist's world :

speed

Action (S)

	slow	fast
large	Classical Newton	Classical relativity
small	Classical Quantum mechanics	Quantum Field theory

$\hbar$

c

Å regne på partikkelfysikk

Fundamental division of physicist's world :

speed

Action (S)	slow	fast
large	$\vec{F} = m\vec{a}$	$\vec{F} = \frac{d}{dt}\left(\frac{m\vec{v}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right)$
small	$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = \hat{H}\psi$	$i\gamma^\mu\partial_\mu\psi - m\psi = 0$

$\hbar$

c

Vi skal se nærmere på...

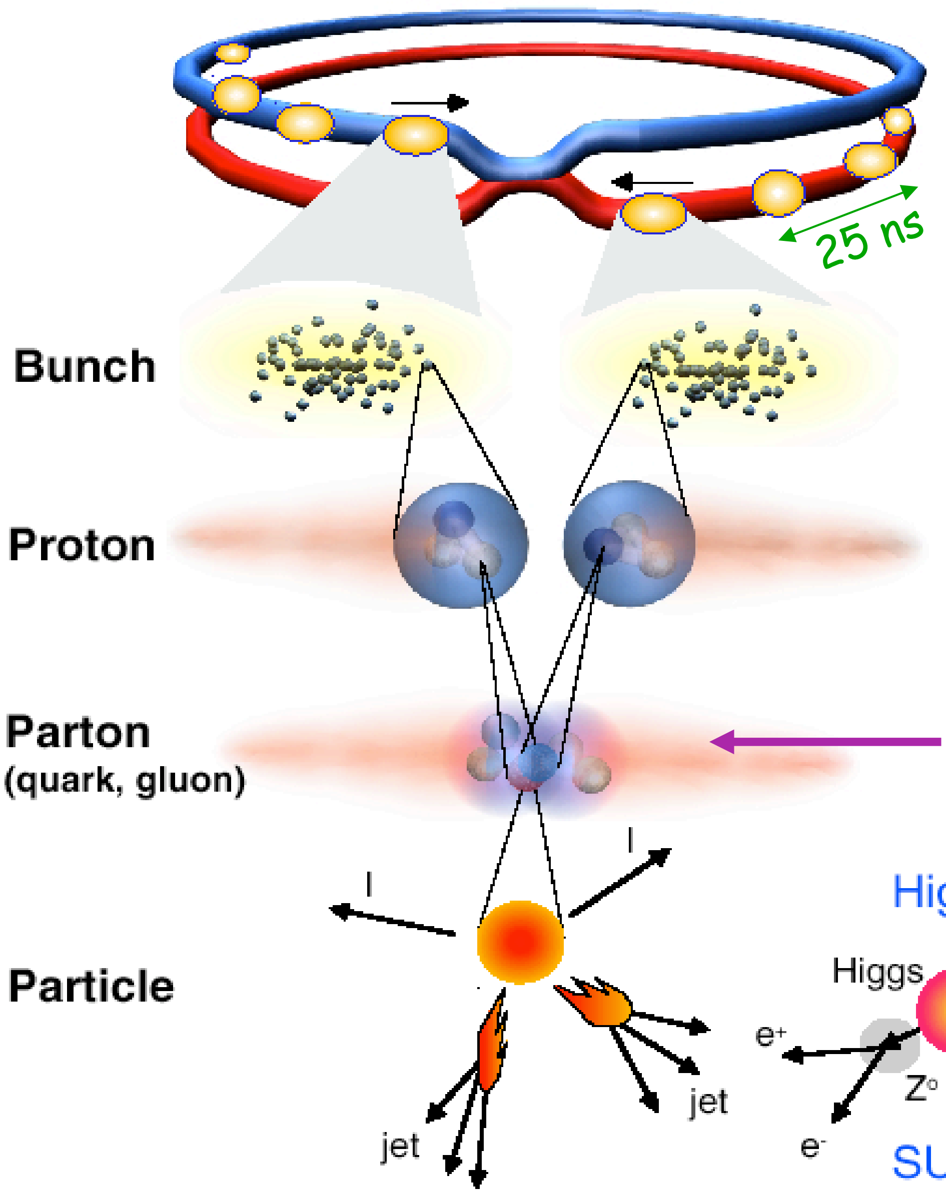
I. Partikkelfysikken

II. Akseleratoren LHC

III. Detektoren ATLAS

...grunnen til at vi trenger denne enorme parikkelakseleratoren LHC for å gjøre partikkelfysikk

Collisions at LHC



Proton-Proton

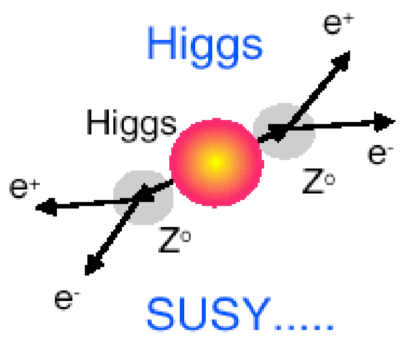
Protons/bunch	10^{11}
Beam energy	7 TeV (7×10^{12} eV)
Luminosity	10^{34} cm^{-2} s^{-1}

Event rate in ATLAS :

$N = L \times \sigma\,(pp) \approx$ 10^9 interactions/s

Mostly soft (low p_T) events

Interesting hard (high-p_T) events are rare



Selection of 1 in 10,000,000,000,000

→ very powerful detectors needed

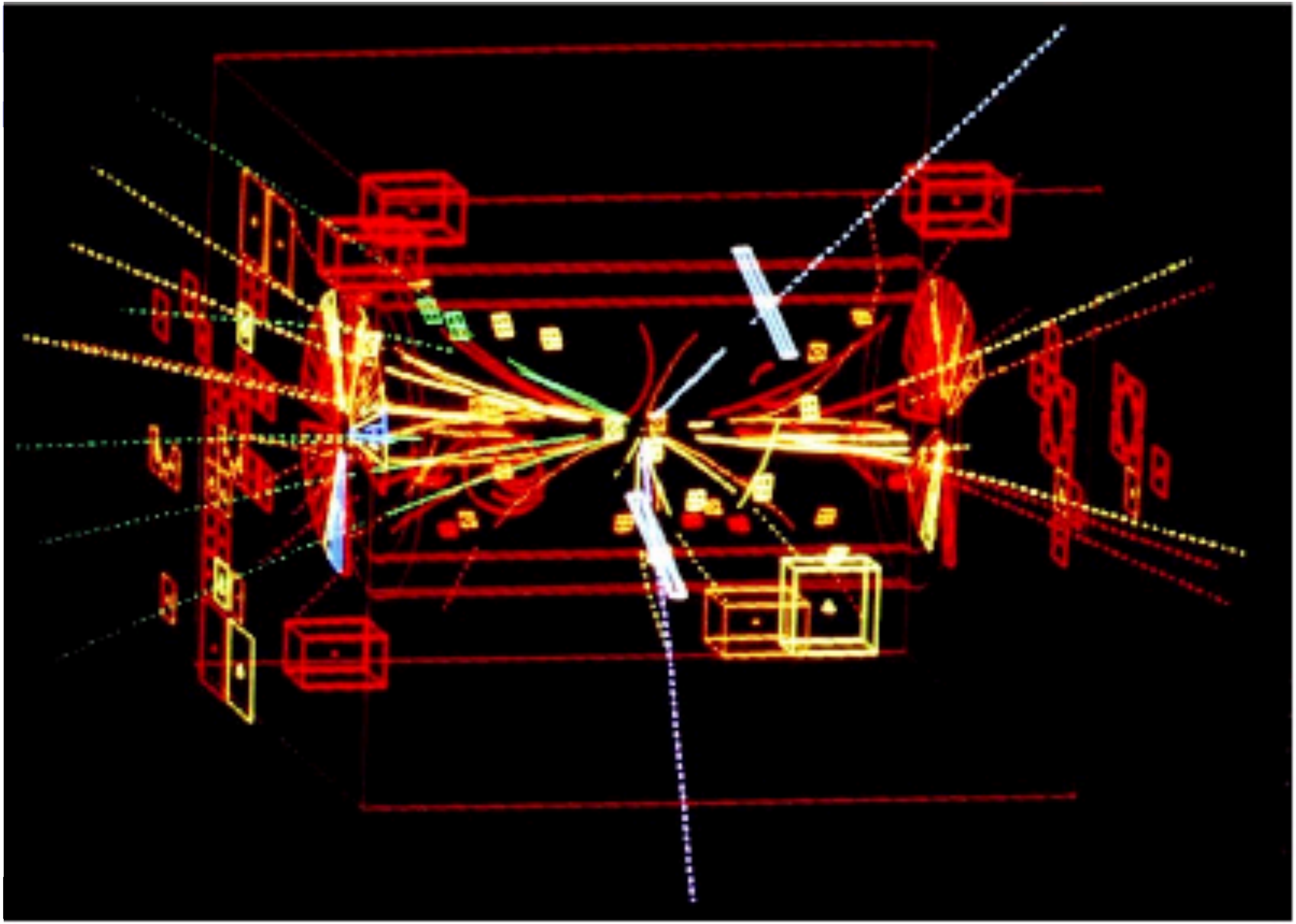
Vi skal se nærmere på...

I. Partikkelfysikken

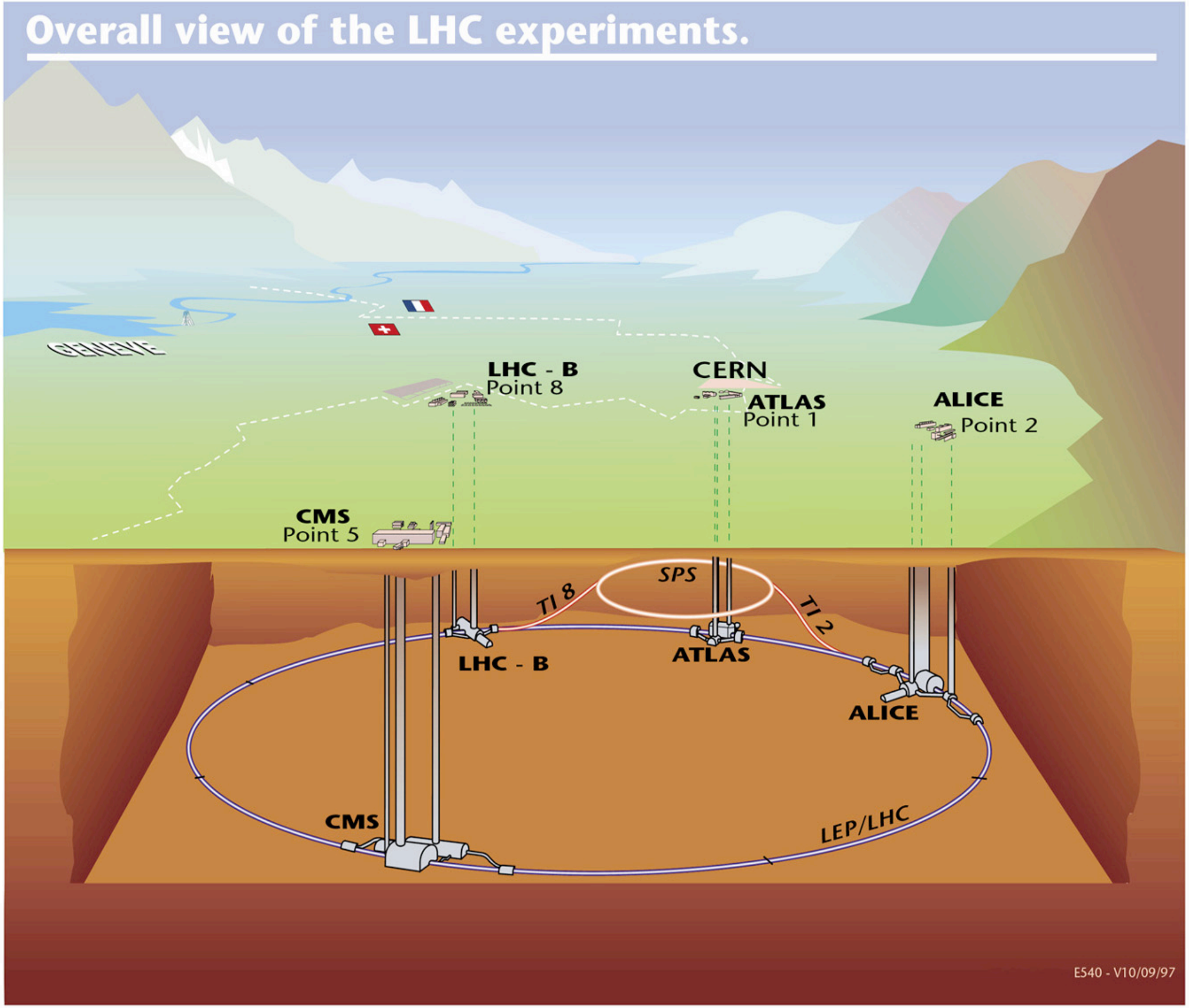
II. Akseleratoren LHC

III. Detektoren ATLAS

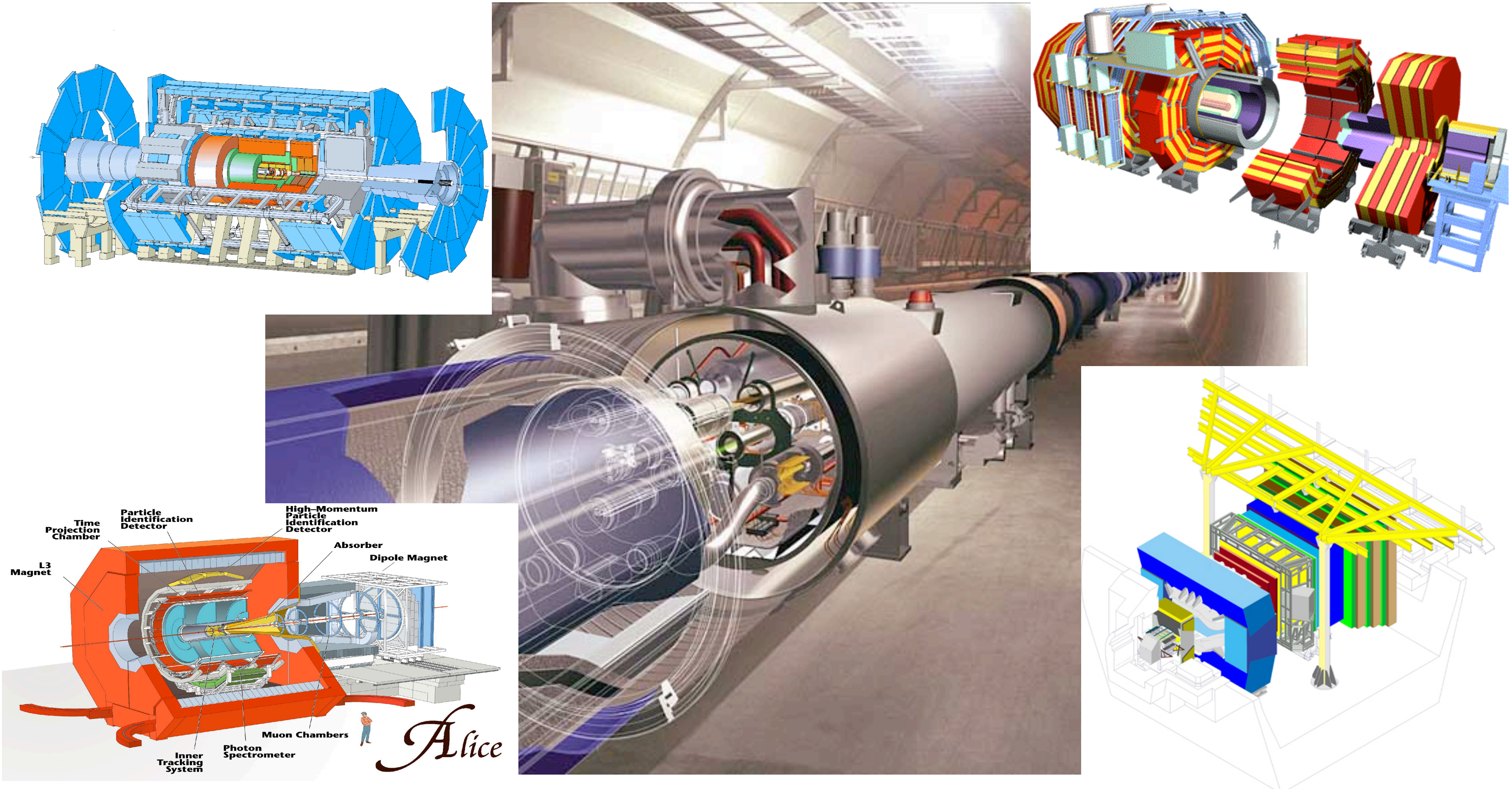
...å skape nye partikler er ikke nok. Vi må observere dem også. Til det trengs partikkeldetektorer



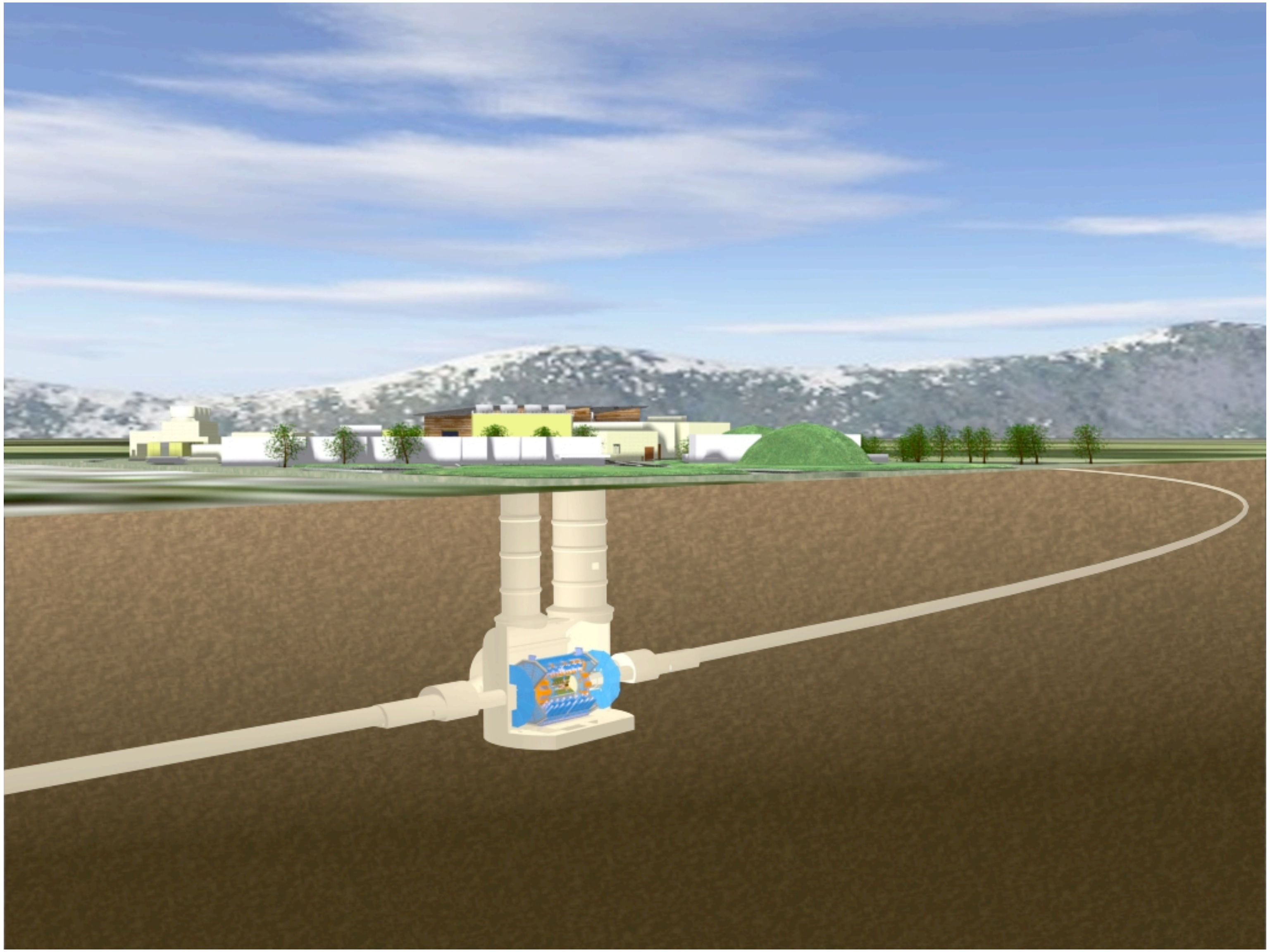
LHC-eksperimentene



LHC vil starte opp i 2009, og forskere fra hele verden venter spent på de første resultatene...



The ATLAS Experiment

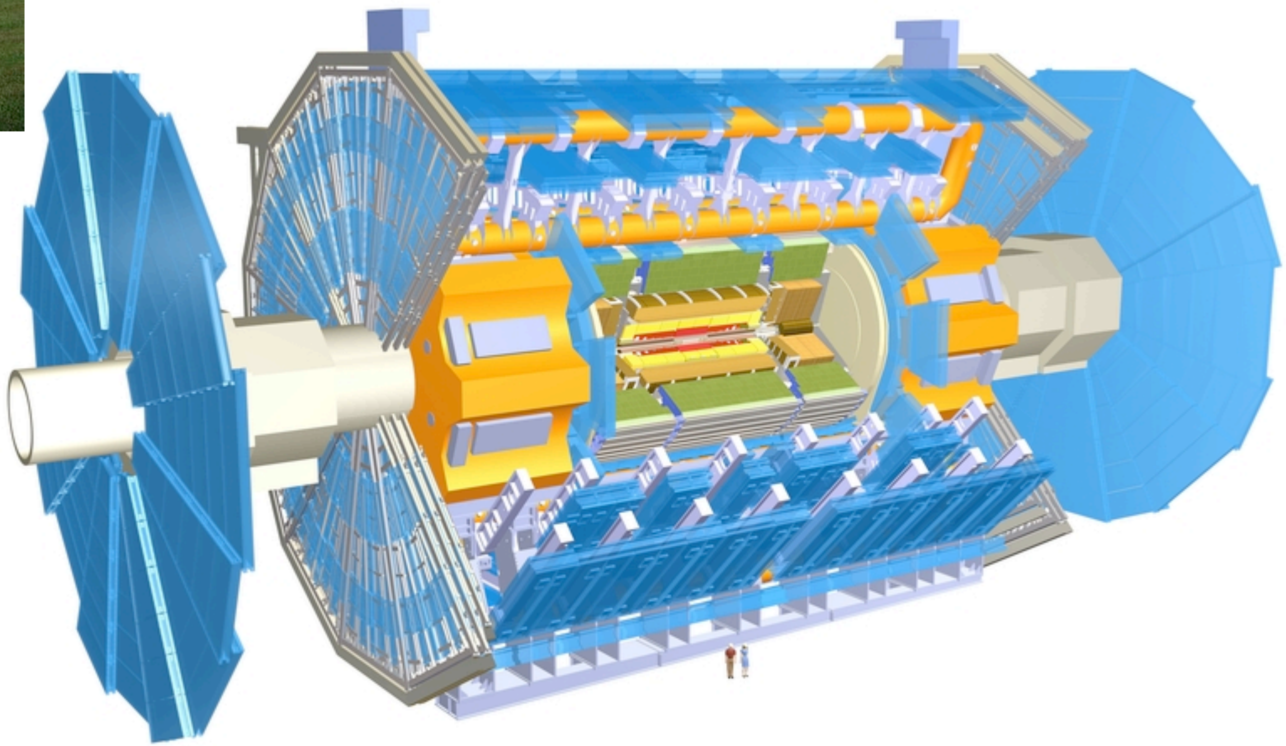


Formål: detektoren ATLAS

- Å observere resultatet av partikkelkollisjonene
- ...av de MANGE partikkelkollisjonene
- ...og luke ut de få interessante

ATLAS-detektoren

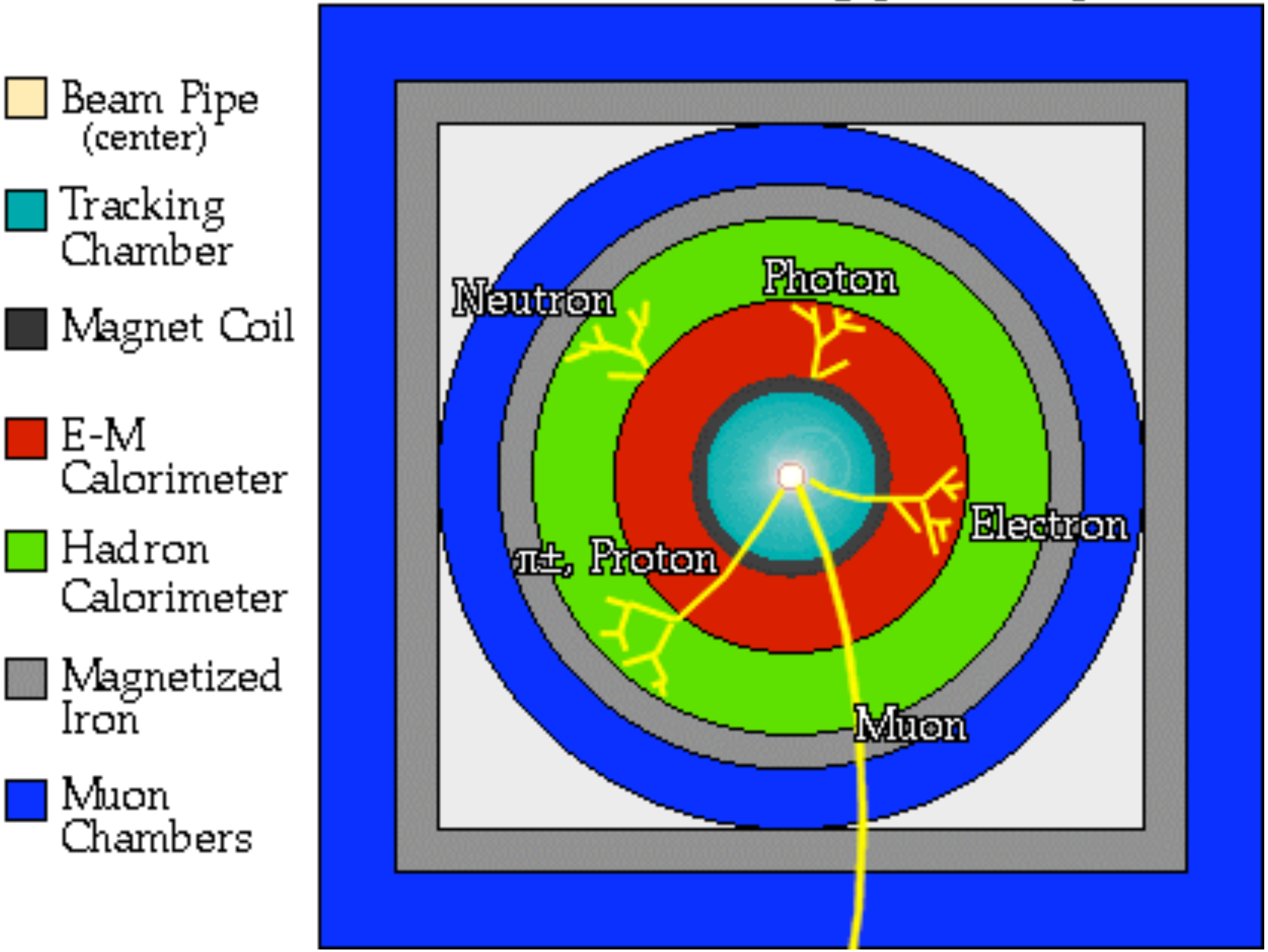
ATLAS sammenlignet med den
5 etasjes bygning 40



Diameter	***25 m***
Lengde toroidemagnet	***26 m***
Ende-til-ende lengde	***46 m***
Vekt	***7000 tonn***

Detektortverrsnitt

A detector cross-section, showing particle paths

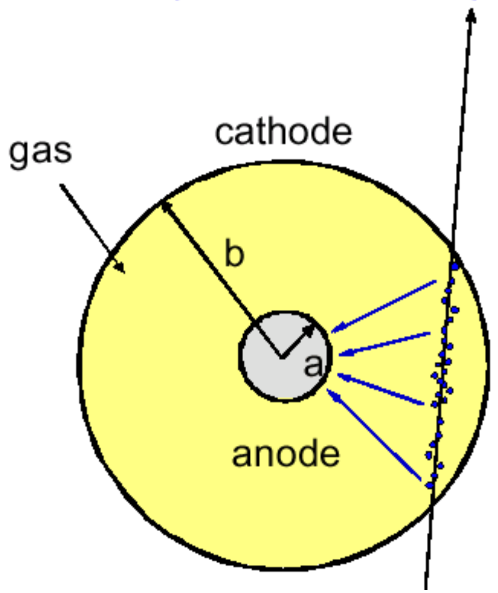


Hva kan vi måle i en partikkeldetektor?

- Vi ønsker å observere partikler samt identifisere partikkeltypen (p^+, e^-, n etc.)

- Hva karakteriserer en partikkel?
  - Hvilemasse, m_0
  - Ladning, q
  - Energi, E
  - Spinn, s

- Hvordan kan vi overhodet observe en partikkel?
  - Ladde partikler vekselvirker med (ioniserer) atomiske elektroner i detektormaterialet
  - Vi kan observere denne ionisering som e.g. elektrisk signal eller lysutsending
  - Derav kan vi spore partikkelens bane gjennom detektormaterialet



Magnetfelt: bevegelsesmengde og ladning

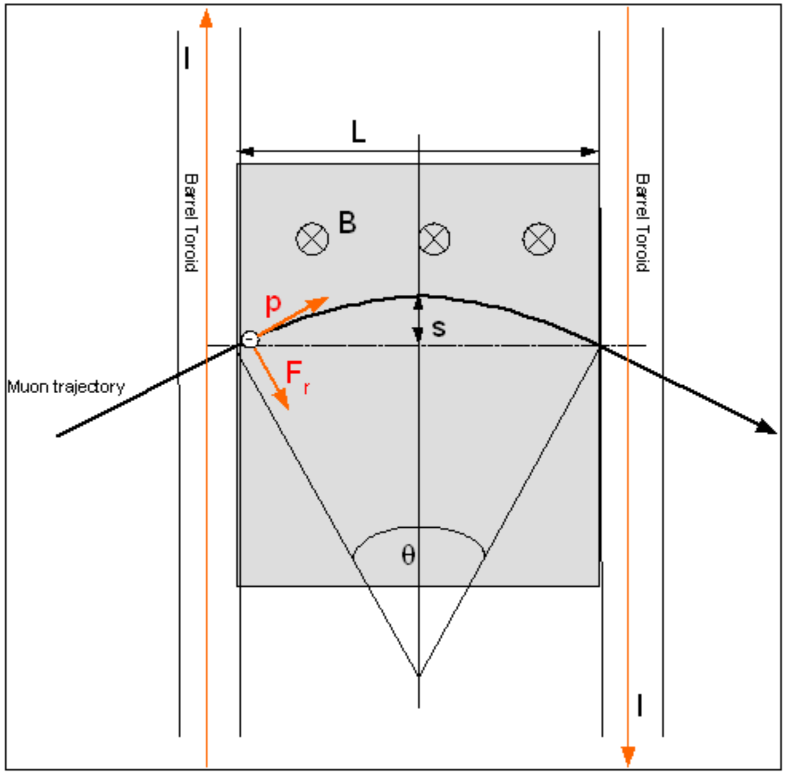
Å se sporet til en partikkel i detektoren sier oss i utgangspunktet ikke så mye om dens egenskaper...

Ved å sette opp et (kjent) magnetfelt, B, inne i detektoren vil partikkelen gå i en krum bane.

- Retningen på krumningen vil avhenge av partikkelens ladning (+/-1)
- Krumningen vil avhenge av partikkelens bevegelsesmengde:

$$F_B = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow p = qBr = \frac{eBL^2}{8s}$$

3FY



ATLAS: magnetsystem

ATLAS:

Separate magnetsystem

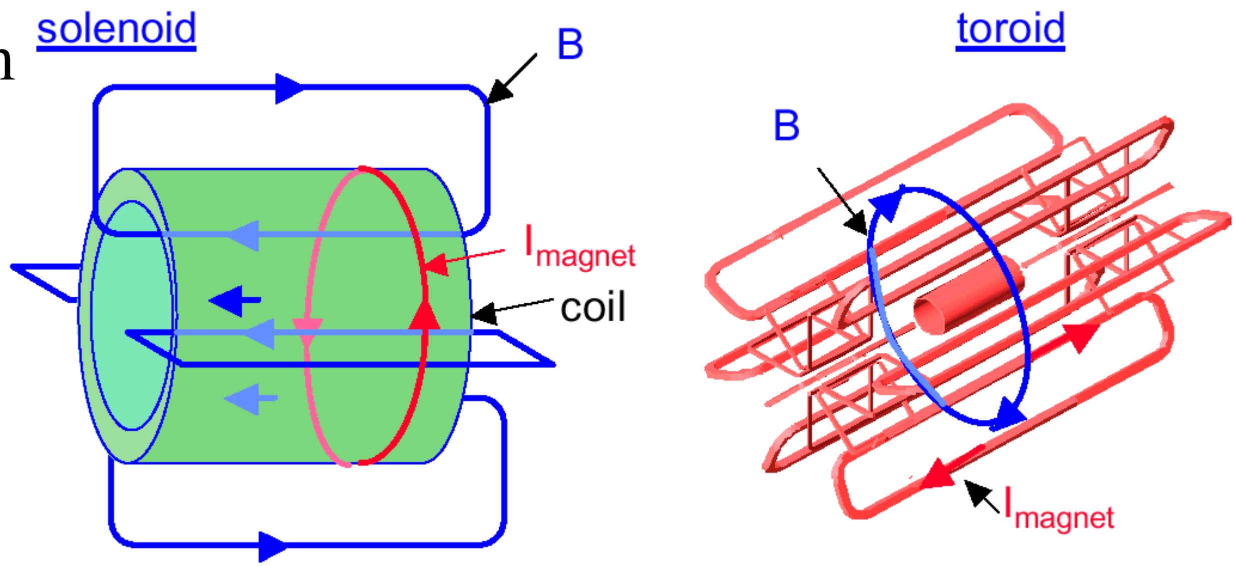
1) Indre detektor)

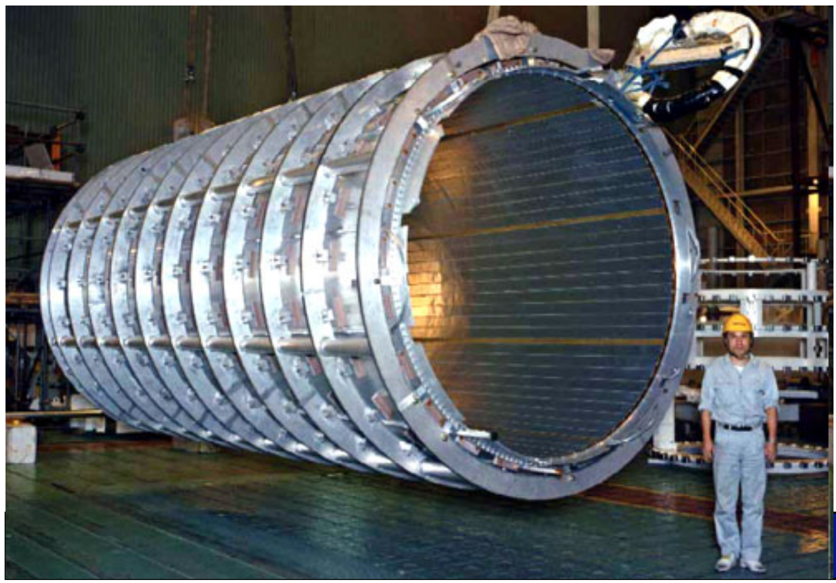
(Solenoidemagnet)

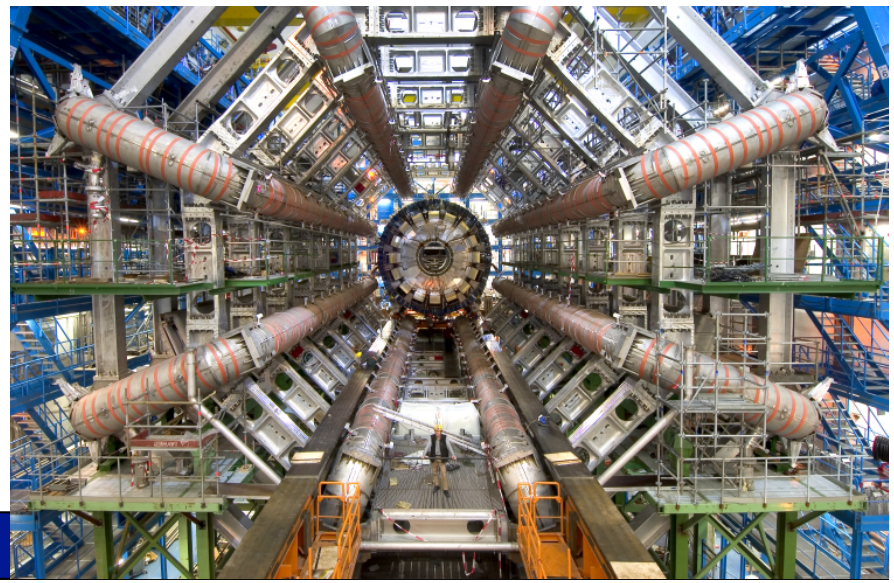
1) Myonspektrometer

(Toroidemagneter)

Magnetic field configurations:



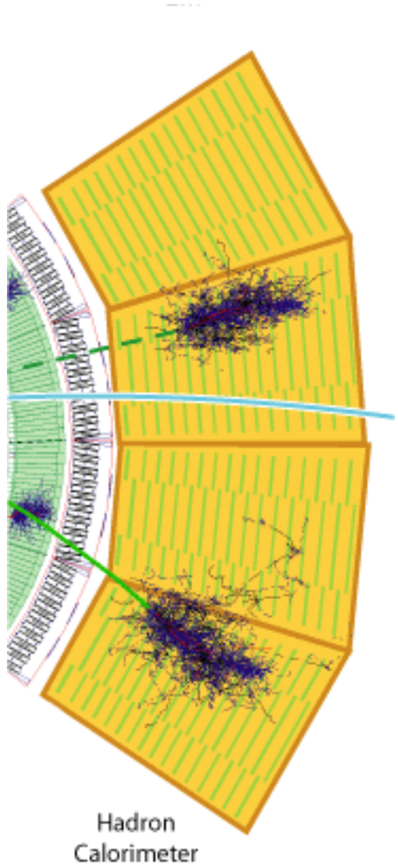




Kalorimetre: energimåling

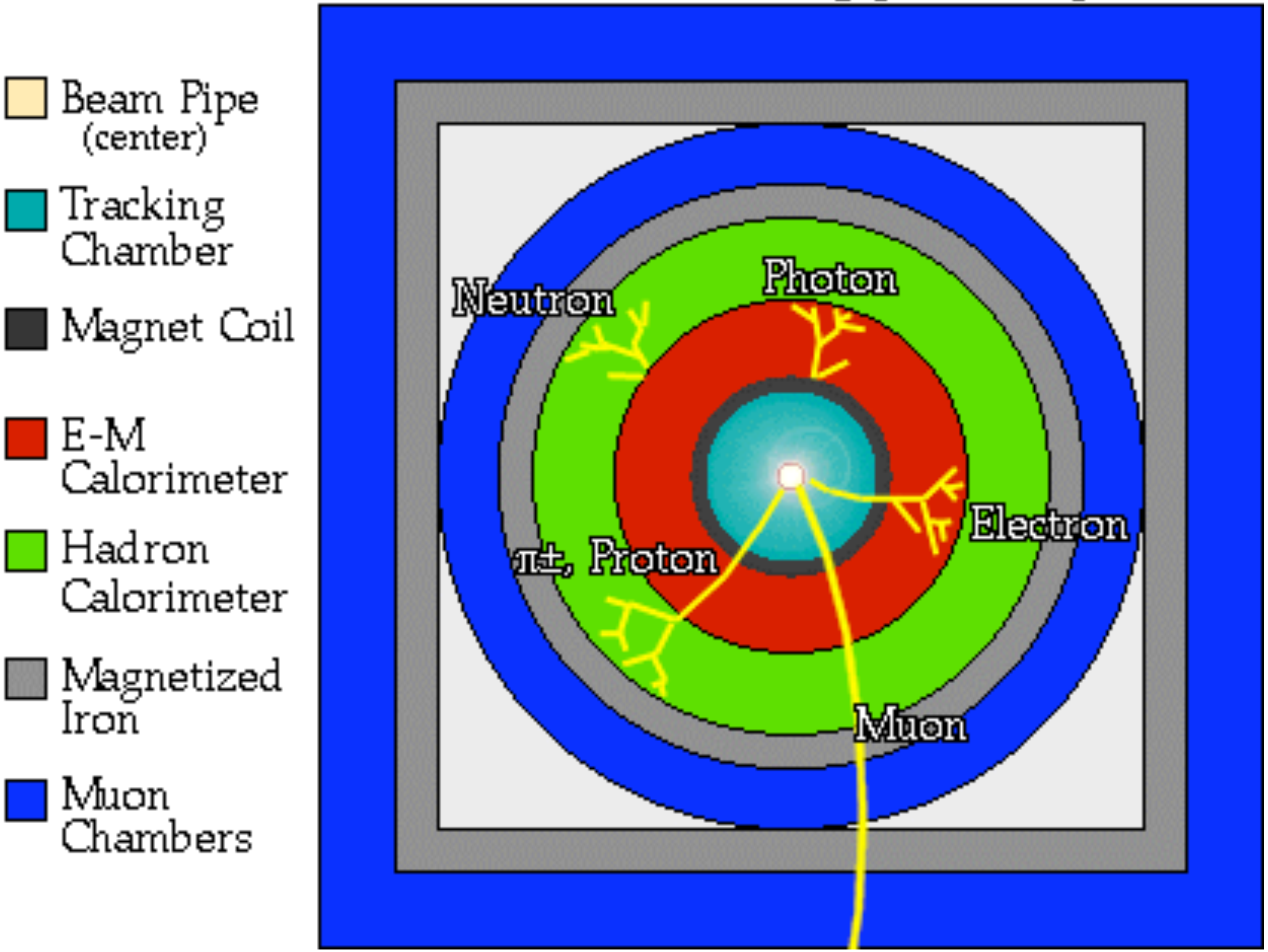
Energien, E, kan også måles:

Et tykt lagt materiale som partikkelen vekselvirker med, vil bremse partikkelen helt opp ⇒ den vil ***legge igjen hele sin energi*** i dette materialet. Denne energien kan avleses elektronisk. Disse lagene av detektoren kalles kalorimetre.

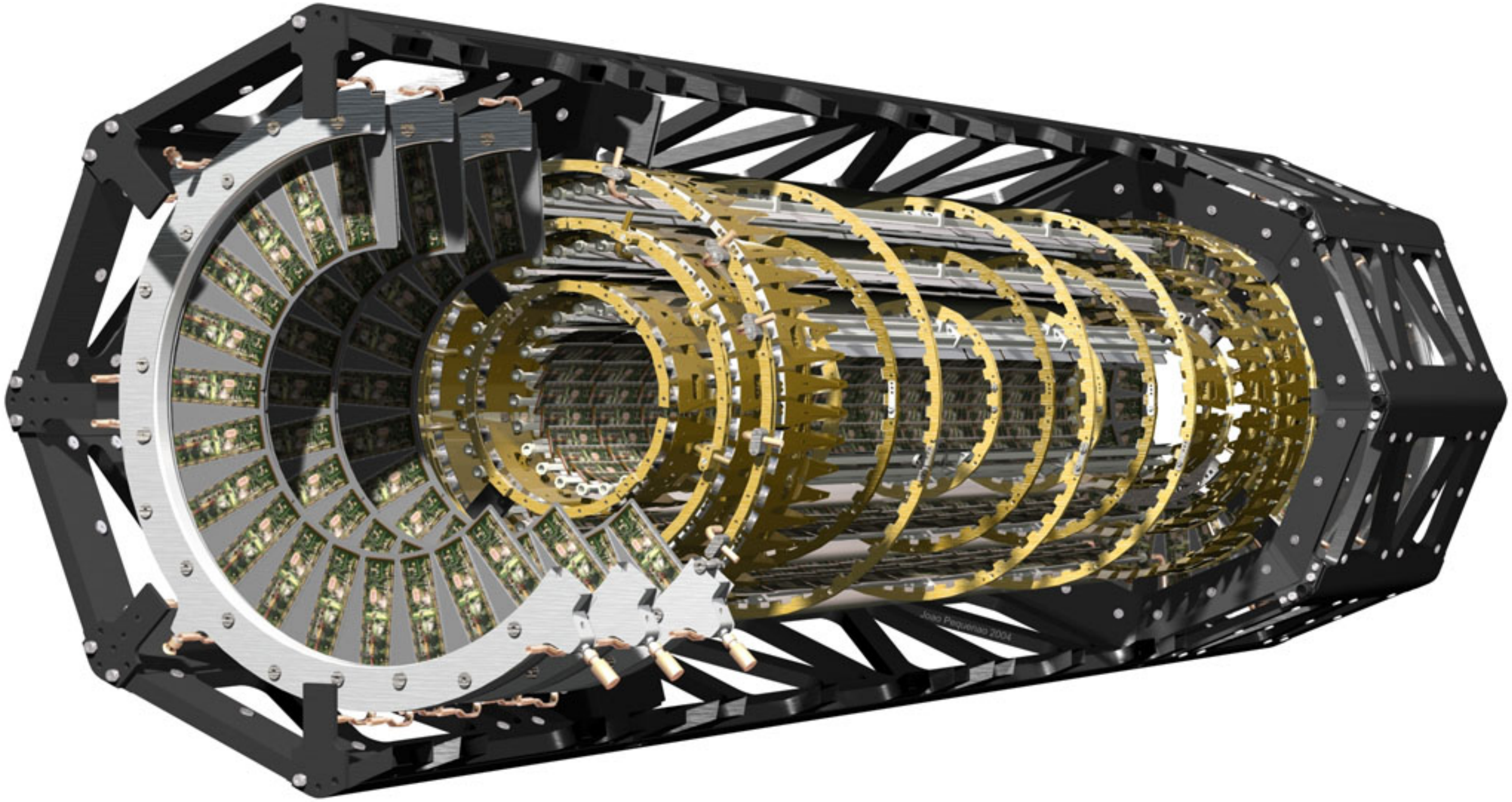


Detektortverrsnitt

A detector cross-section, showing particle paths

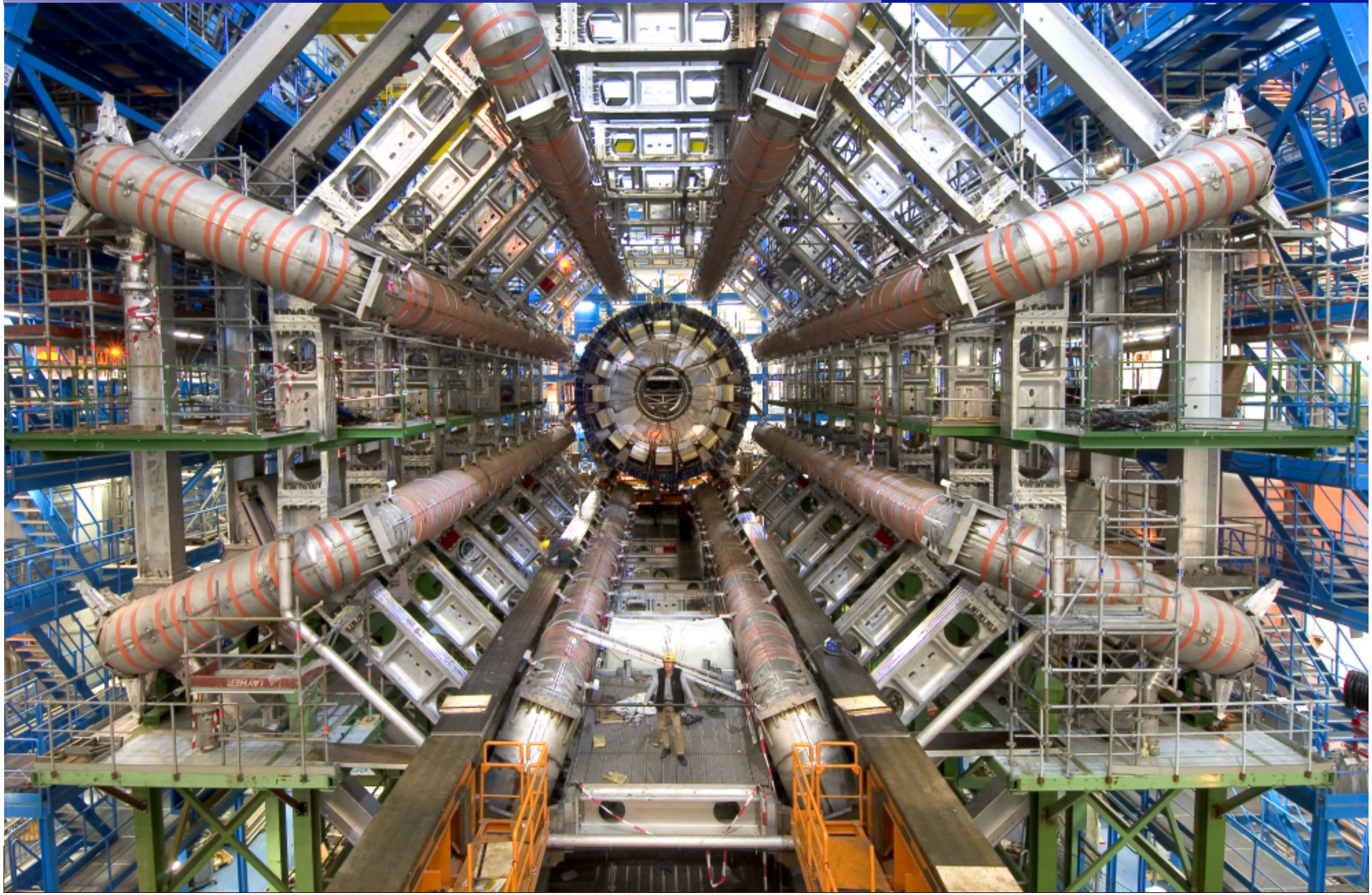


ATLAS: Indre detekor



ATLAS halvlederdetektor for sporfølging

ATLAS toroidemagneter



Installasjon av en toroidemagnet i ATLAS-hulen

How a Higgs boson event might look in ATLAS

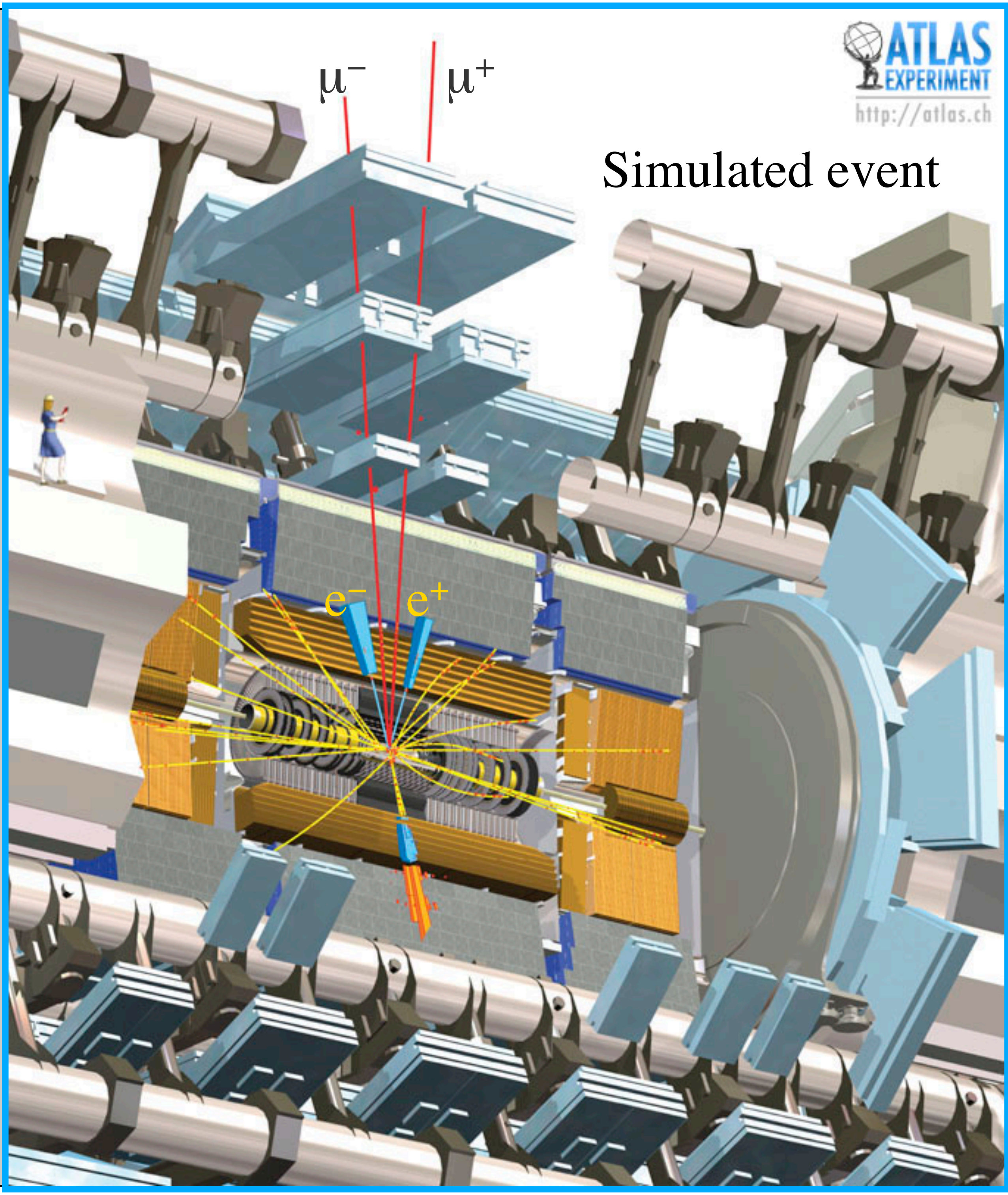
In this event, a cluster of particles was produced going downward,

and a Higgs was produced going upward but decayed almost instantly.

$H \rightarrow Z + Z$

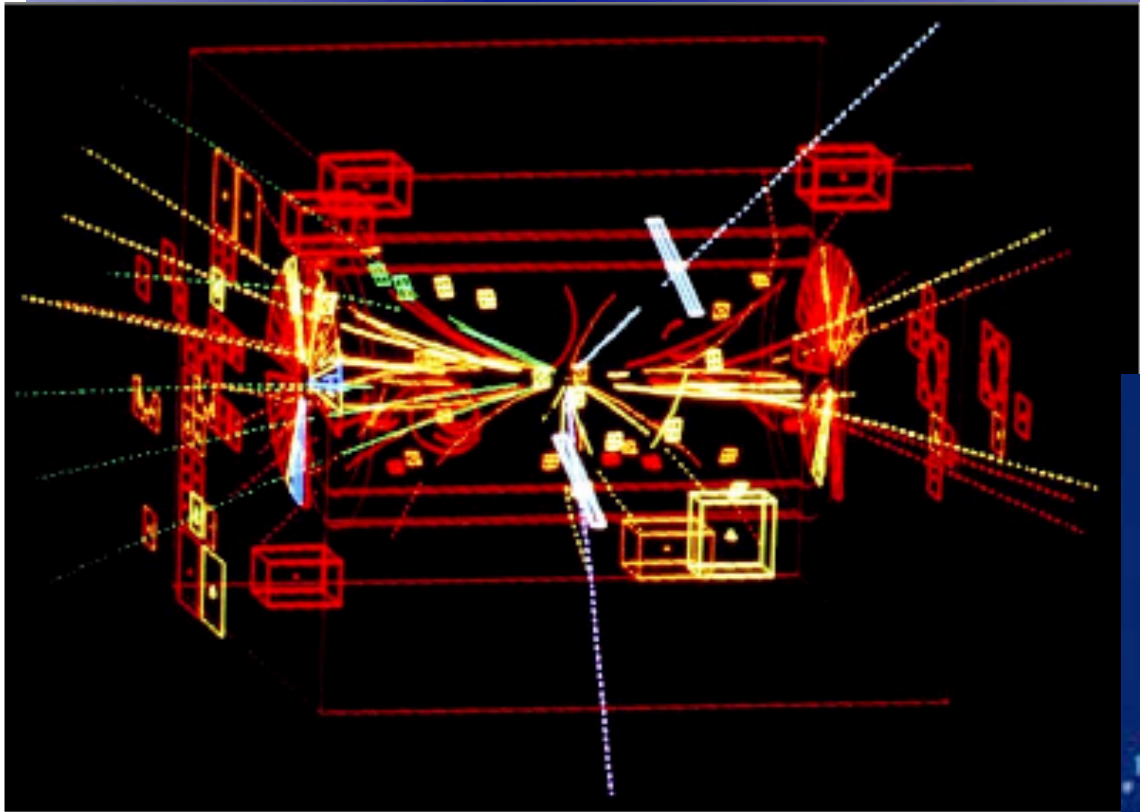
$Z \rightarrow e^- + e^+$

$Z \rightarrow \mu^- + \mu^+$



Spørsmål om del III ?

Simulert Higgsproduksjon i ATLAS. Nobelpris til CERN...?



Reell Z_0-produksjon i UA1, 1983, Nobelpris til CERN 1984

ANGELS & DEMONS

ATLAS and anti-matter

In ATLAS equal amounts of matter and antimatter is produced.

All the antimatter produced in ATLAS annihilates within a fraction of a second.

ANGELS&DEMONS

We are lucky because…

Immediately after the Big Bang,
the matter and antimatter… were not exactly equal

10,000,000,001

Matter

10,000,000,000

Antimatter

Notice

The Great Annihilation followed

After the Great Annihilation

·us

1

Matter

Antimatter

All the antimatter, and all but a tiny part of the matter were gone…
and that tiny part is us.

All clear ?