

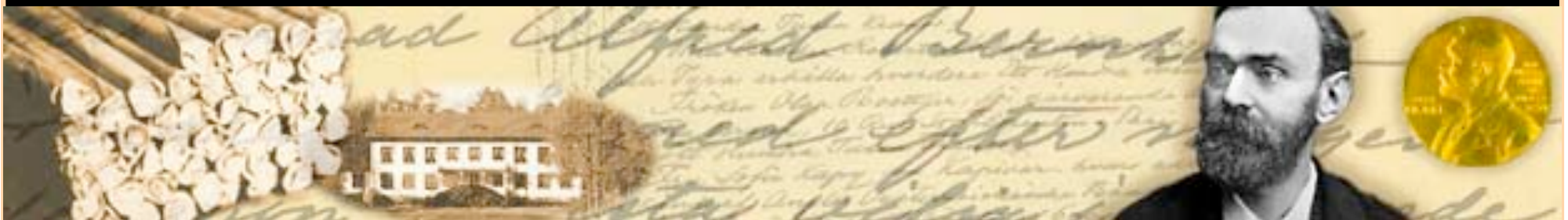
photo PRB

photo PRB

photo PRB



Nobelprijs diploma van Gerard 't Hooft (1999)



Van de Big Bang tot nu... en terug!

Een verhaal over de fysica van de elementaire deeltjes en hun verband met de oorsprong van ons universum

Prof. J. D'Hondt
Vrije Universiteit Brussel

- ❖ Studie van de Micro- en Macrowereld
- ❖ Het Standaard Model van de elementaire deeltjes
- ❖ De rol van het CERN en zijn Large Hadron Collider
- ❖ Uitdagingen voor deeltjesversnellers

cfr. EOS-magazine juli-augustus 2005 pp.116-121

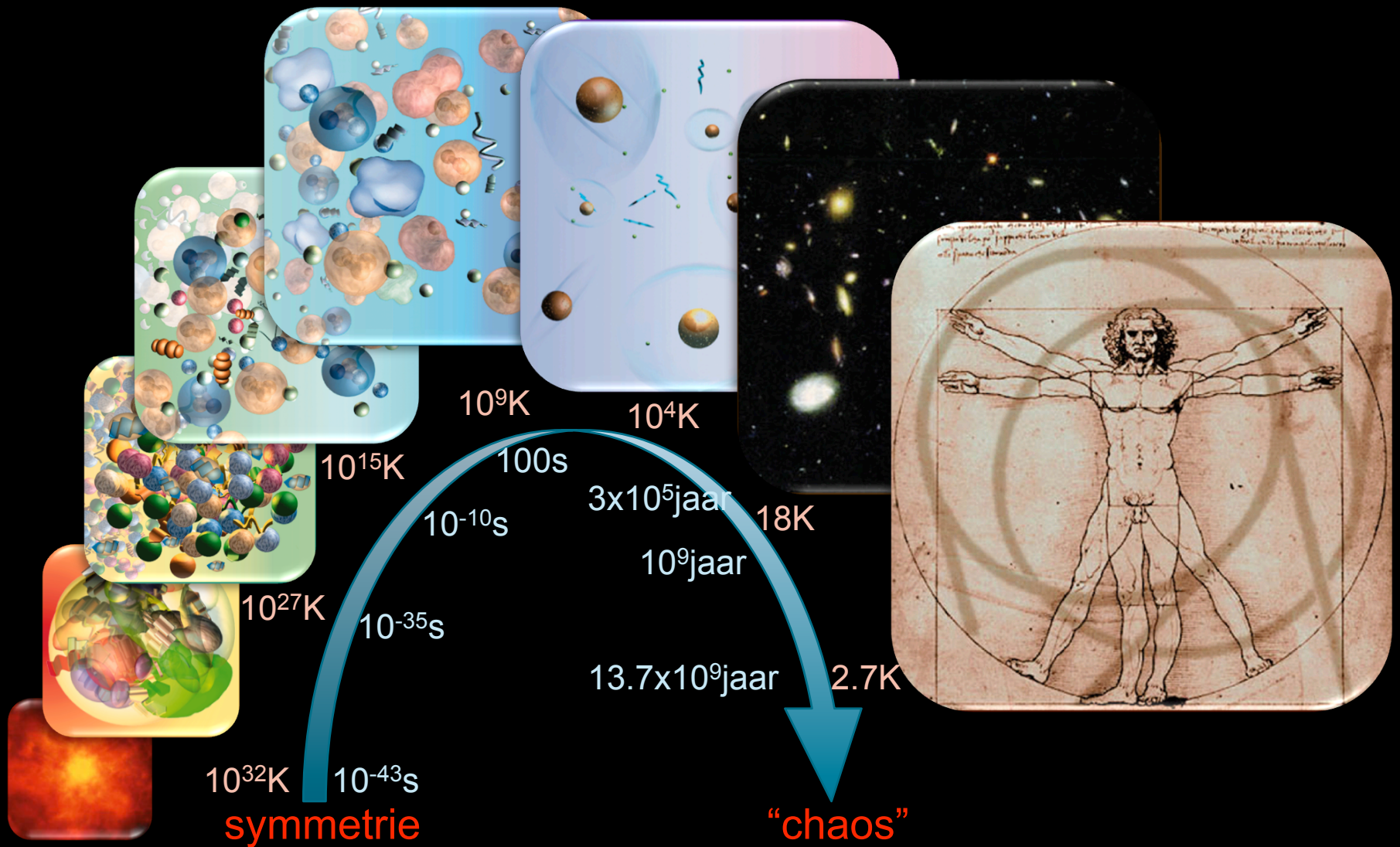
VUB, okt 2008

Fysica & Deeltjesfysica

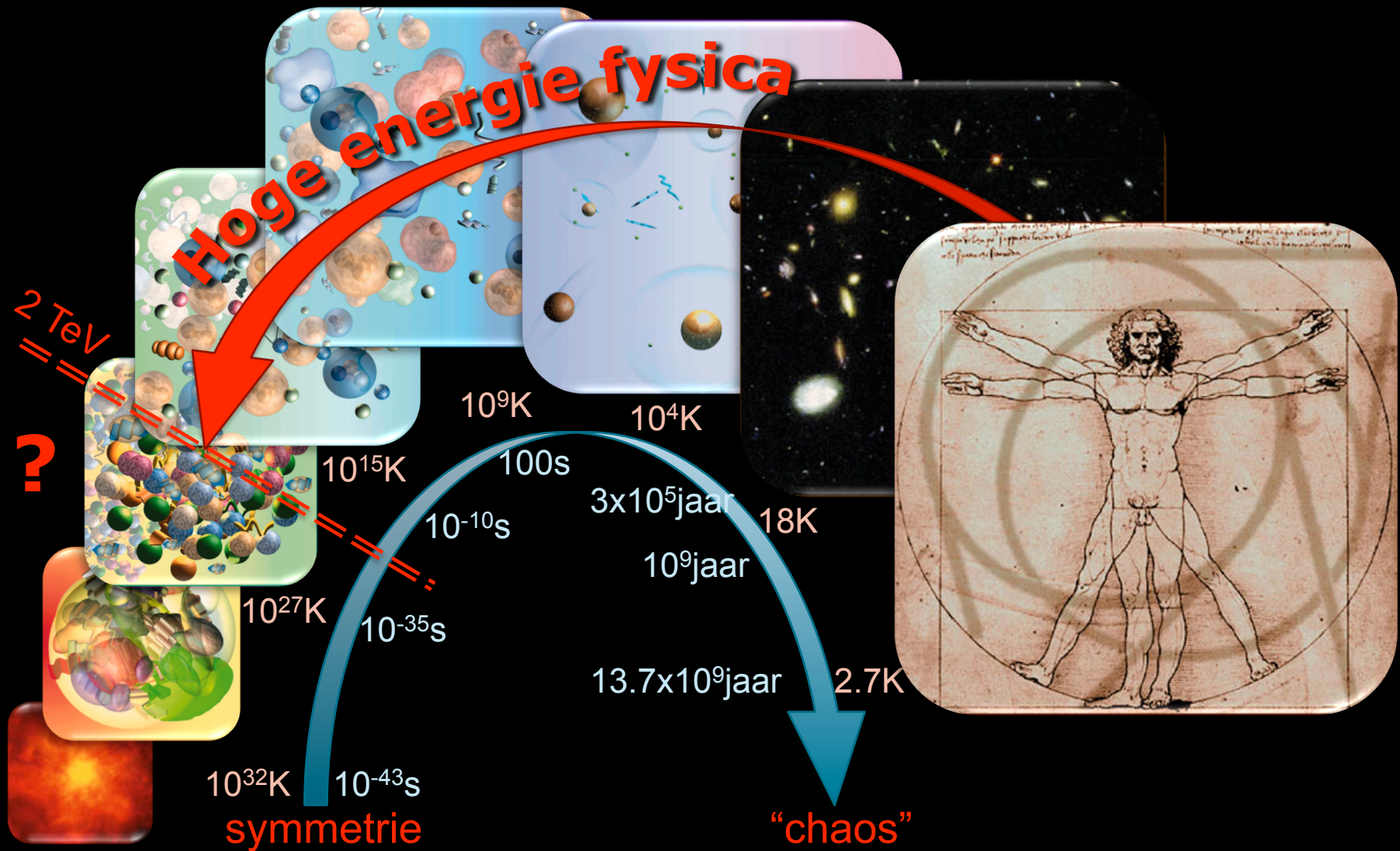
- Definitie van fysica volgens Erik B. Karlsson, "The Nobel Prize: The First 100 Years", 2001
 - *"Physics is considered to be the most basic of the natural sciences. It deals with the fundamental constituents of matter and their interactions as well as the nature of atoms and the build-up of molecules and condensed matter. It tries to give unified descriptions of the behavior of matter as well as of radiation, covering as many types of phenomena as possible. In some of its applications, it comes close to the classical areas of chemistry, and in others there is a clear connection to the phenomena traditionally studied by astronomers. Present trends are even pointing toward a close approach of some areas of physics and microbiology."*
- Deeltjesfysica streeft naar het opstellen van een theorie die alle fysische fenomenen in de Natuur unificeert
- Vandaag leven we in een redelijk chaotische universum, maar ooit was dit anders...



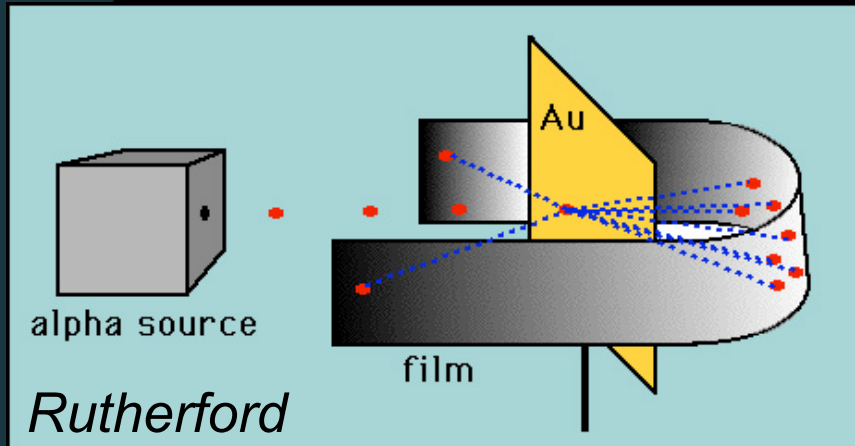
Van de Big Bang tot nu...



Van de Big Bang tot nu... en terug!!



Een Quantum Theorie over de atomen... volledig ?



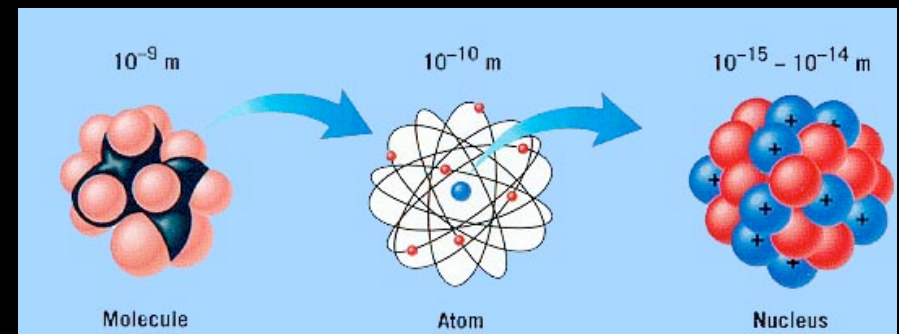
Tegen 1930 was de atoomtheorie volledig opgebouwd en begrepen. Men beschreef atomen als bestaande uit een kern van protonen en neutronen (J. Chadwick), omringd door een wolk van elektronen. Deze drie deeltjes werden aanzien als de fundamentele bouwstenen van alle materie.

Maar veel open vragen bleven onbeantwoord :

- ✓ *Hoe worden de positief geladen protonen binnen de kern samengehouden ?*
- ✓ *Hoe verklaren we het radio-actief verval van zware atoomkernen ?*

Alles samen een geweldige revolutie ten opzichte van de oudheid !!

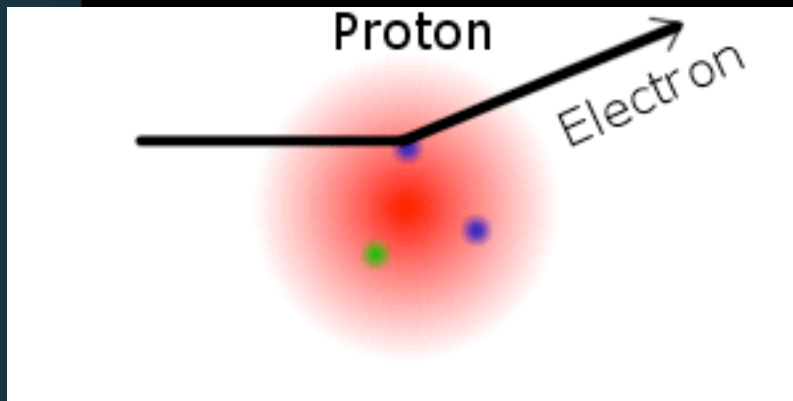
Einde verhaal ??



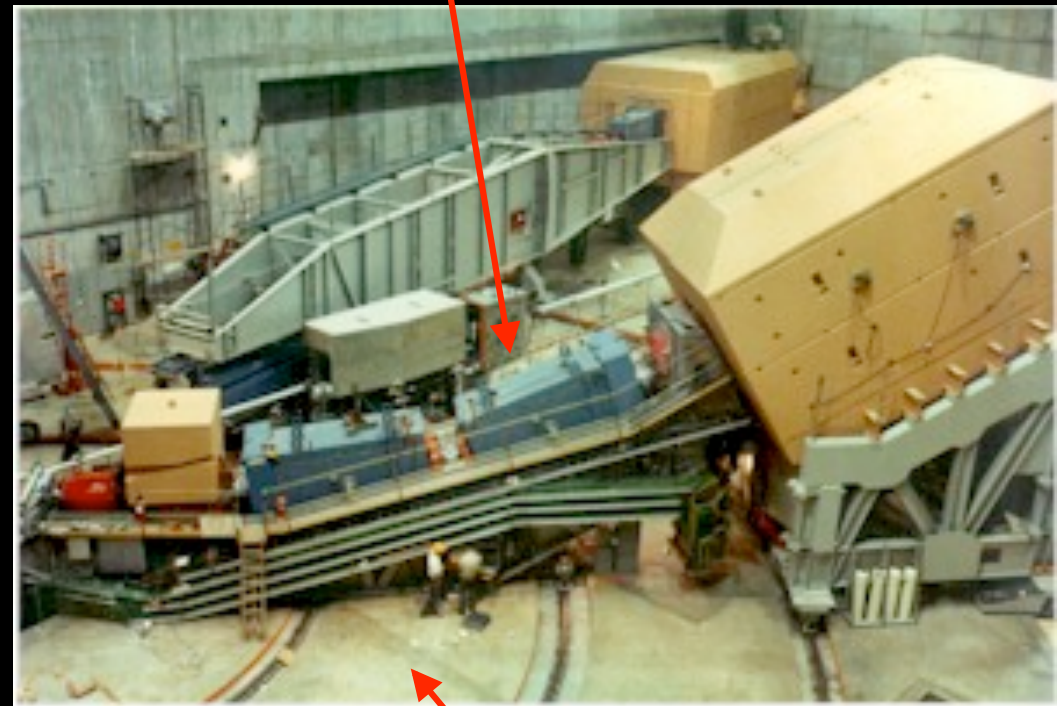
Ontdekking van quarks in electron-proton verstrooiing (1960's)

(Nobelprijs 1990 voor J.I.Friedman, H.W.Kendall en R.E.Taylor)

Wanneer men een bundel elektronen liet invallen op een vat vloeibaar waterstof, ontdekten men dat veel meer elektronen terugstoten dan verwacht indien men het proton beschouwd als een homogene sfeer materie.



magneet



spectrometer

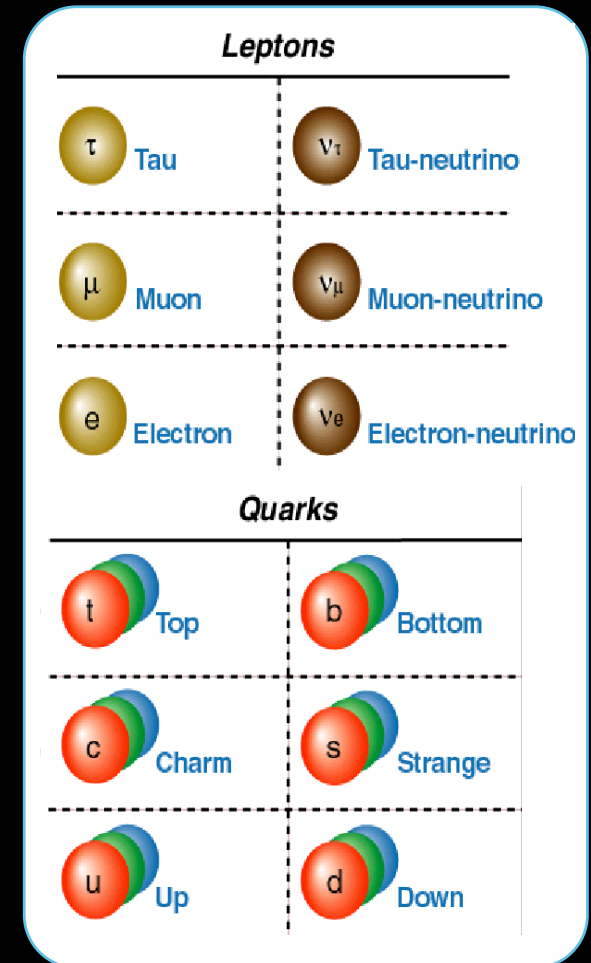
kan draaien om alle mogelijke hoeken te meten

Stanford Linear Accelerator Centre (SLAC)

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

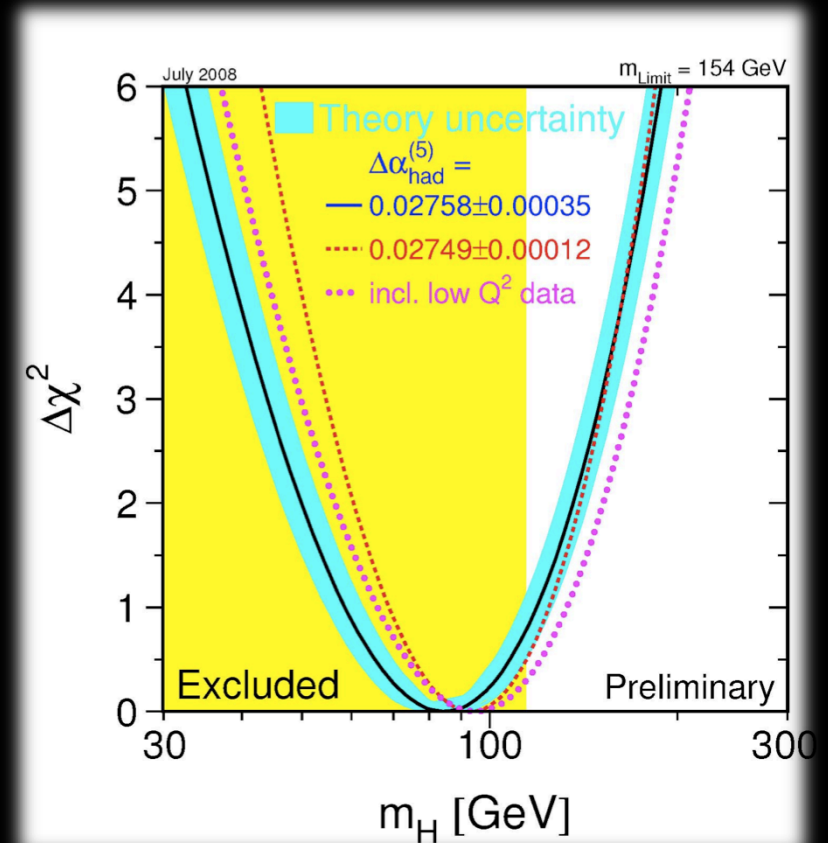
Standaard Model & Symmetrie

- Model om deeltjesinteracties te beschrijven gebaseerd op symmetriën in de Natuur
 - Electromagnetische interacties
 - Zwakke interacties (radio-actief verval)
 - Sterke interacties (atoomkern samenhouden)
- De meeste symmetriën zijn kort na de Big Bang spontaan gebroken bij lagere energiën
 - Hoog energetische botsingen tonen effecten van verborgen fundamentele symmetriën
 - De beschrijving van de interacties verandert niet na Lorentz of $U(1) \times SU(2) \times SU(3)$ transformaties
- Dit Standaard Model is geconfirmeerd door een lange reeks experimenten



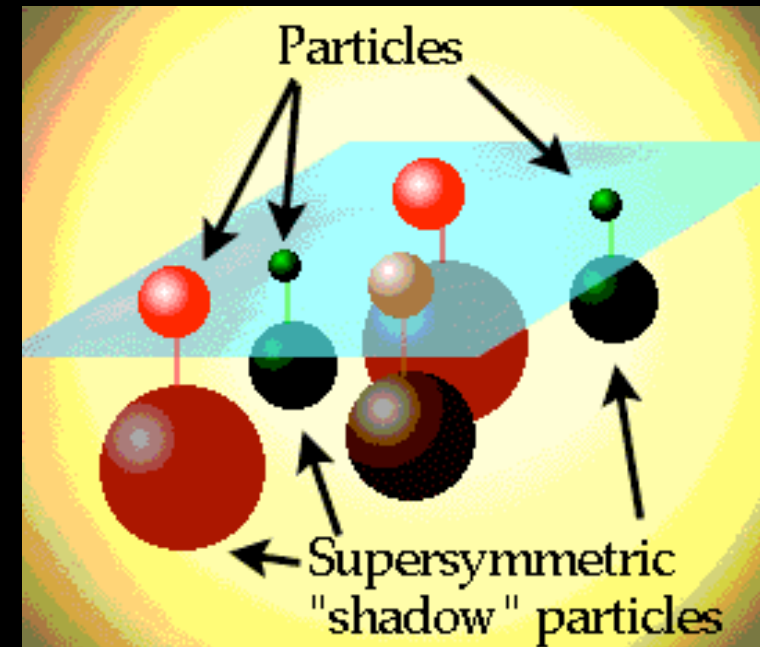
Brout-Englert-Higgs mechanism ?

- Theoretisch model om massa te geven aan deeltjes via het spontaan breken van de elektro-zwakke symmetrie
 - Opgesteld in 1964 door o.a. twee Belgen
 - Voorspelt het bestaan van een nieuw deeltje
 - Gezocht sinds het mechanisme in het Standaard Model geïntroduceerd werd
 - Metingen voorspellen zijn massa tussen 114-185 GeV/c² (95%CL)
- Het aantonen van het bestaan van dit scalaire deeltje is een cruciaal aspect van ons onderzoek



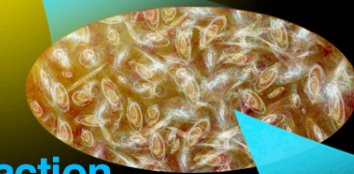
Supersymmetrie in de Natuur ?

- Invoeren van een nieuwe symmetrie in onze theorie, maar nog niet geobserveerd in de Natuur
 - Elk deeltje heeft een SUSY of supersymmetrische partner
 - Deze symmetrie moet gebroken zijn omdat we nog geen SUSY deeltjes gevonden hebben
- Supersymmetrie lost een aantal problemen op
 - Stabiliteit van de massa van het Brout-Englert-Higgs deeltje
 - Betere unificatie van de krachten bij hogere energie
- De experimentele confirmatie van deze symmetrie is een belangrijke uitdaging voor fundamenteel onderzoek



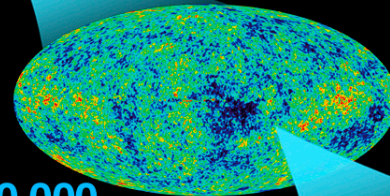
Waarom supersymmetrie ?

Kaart van het licht uitgezonden door het jonge universum



tiny fraction of a second

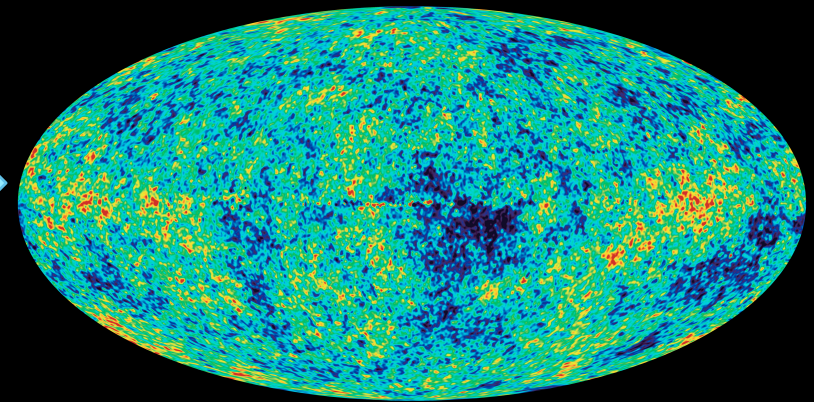
inflation



380,000 years



13.7 billion years



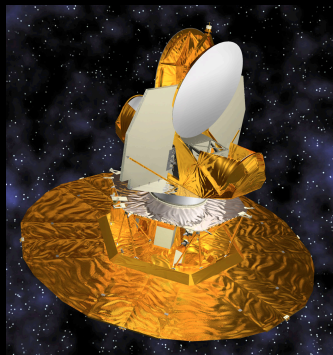
Door een vergelijking met onze theoriën weten we dat

96% van het universum is ongekende materie of donkere materie



SUSY deeltjes ?

NASA/WMAP Science team



WMAP experiment

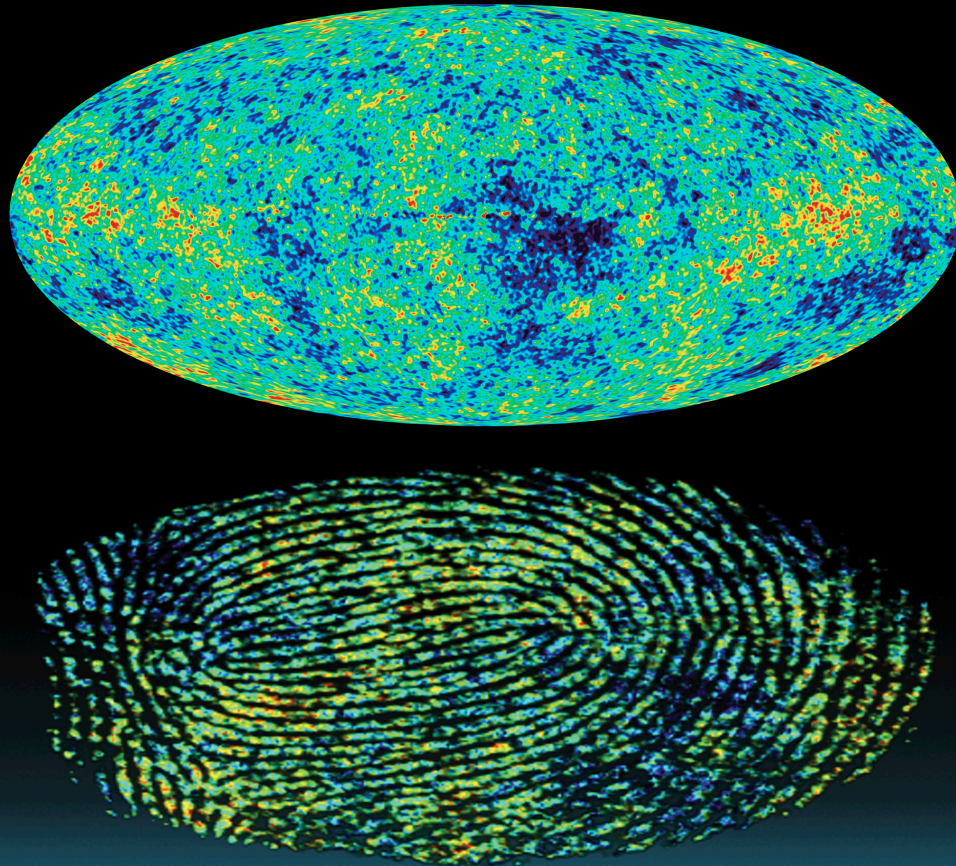


Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

Waarom supersymmetrie ?

WMAP sky-map met micro-golven



Dit beeld leert ons veel over de structuur en inhoud van het jonge universum zoals kort na de Big Bang.

Als we dit beeld vergelijken met theoretische modellen vinden we dat :

95% van de inhoud van het universum kunnen we niet verklaren

Bijgevolg moeten we nieuwe deeltjes zoeken die dit hiaat kunnen opvullen.

NASA/WMAP Science team



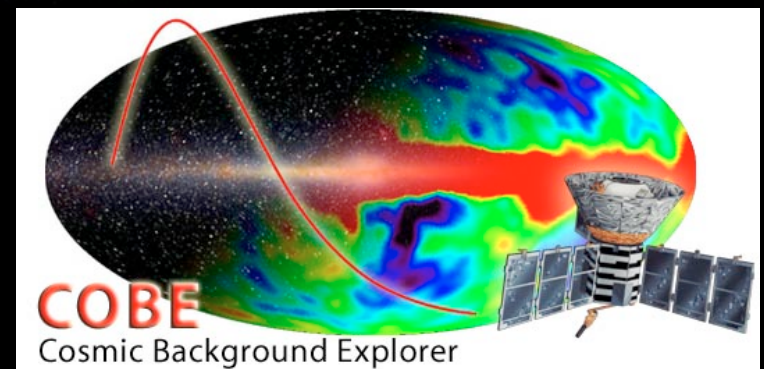
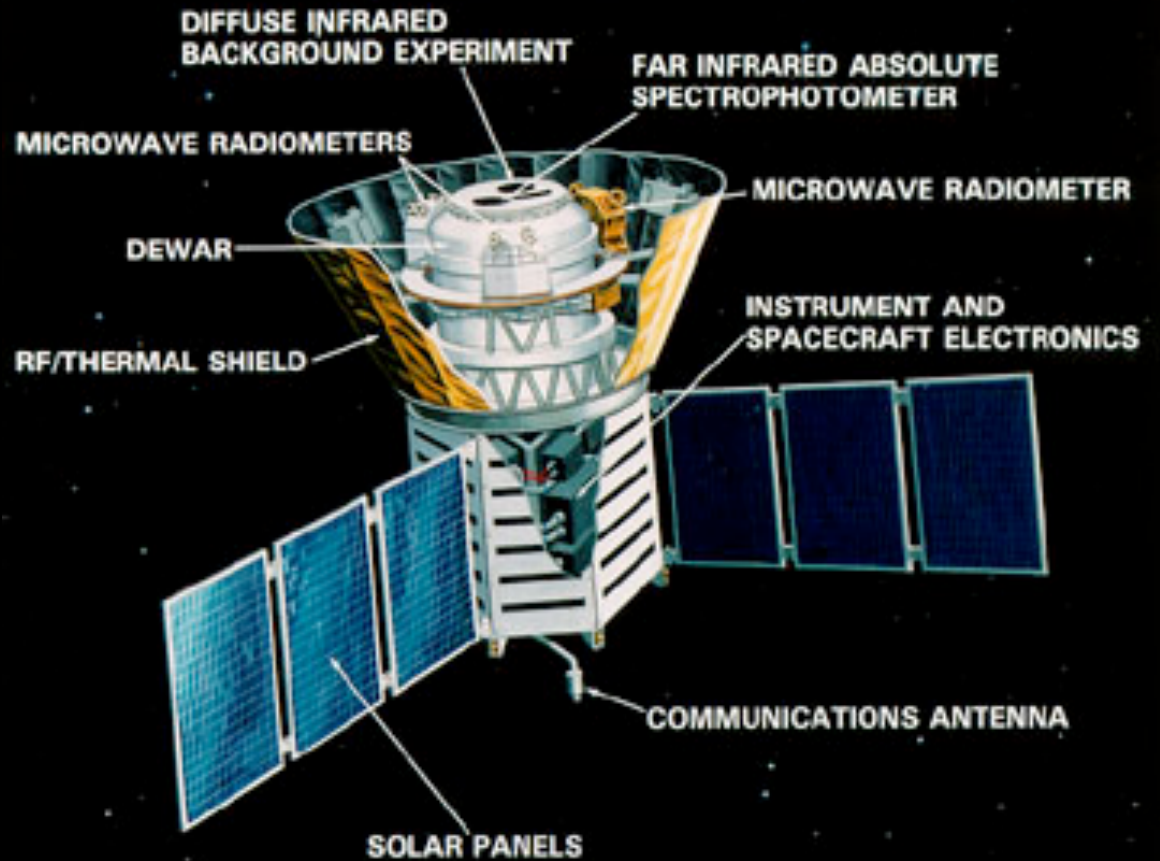
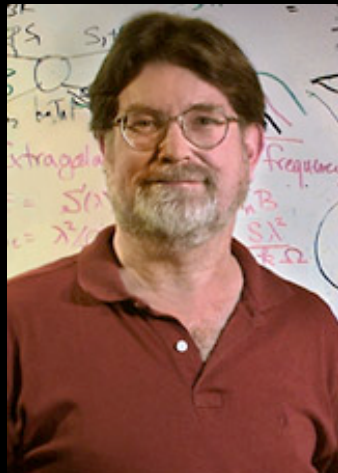
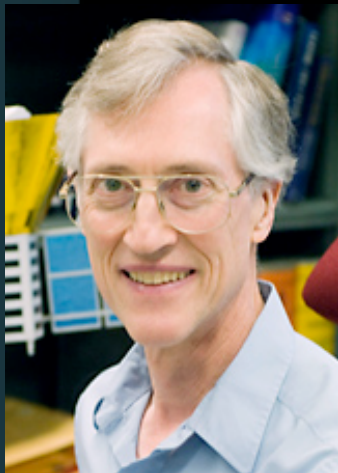
Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

Nobel Prize Physics 2006

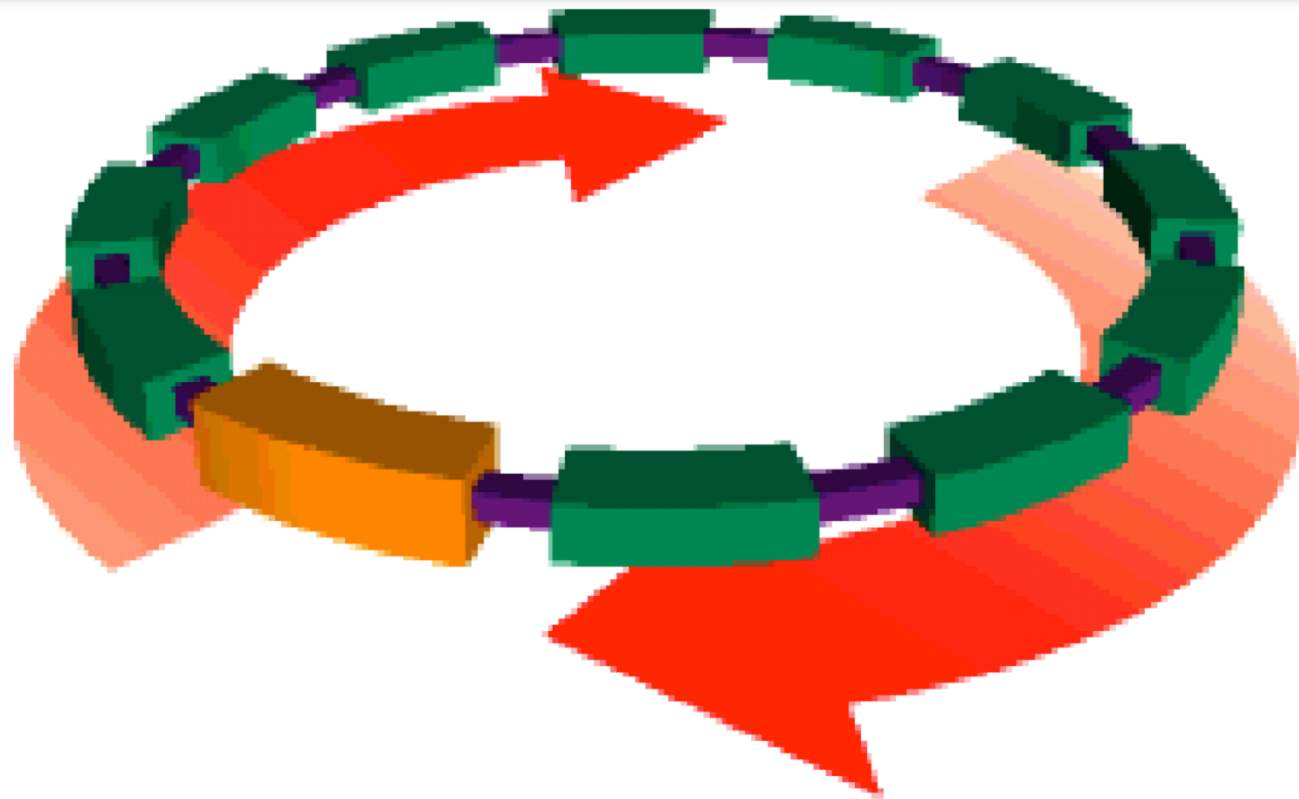
John Mather

George Smoot



Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be










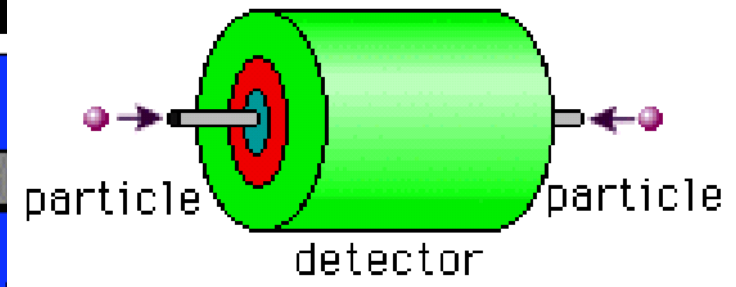
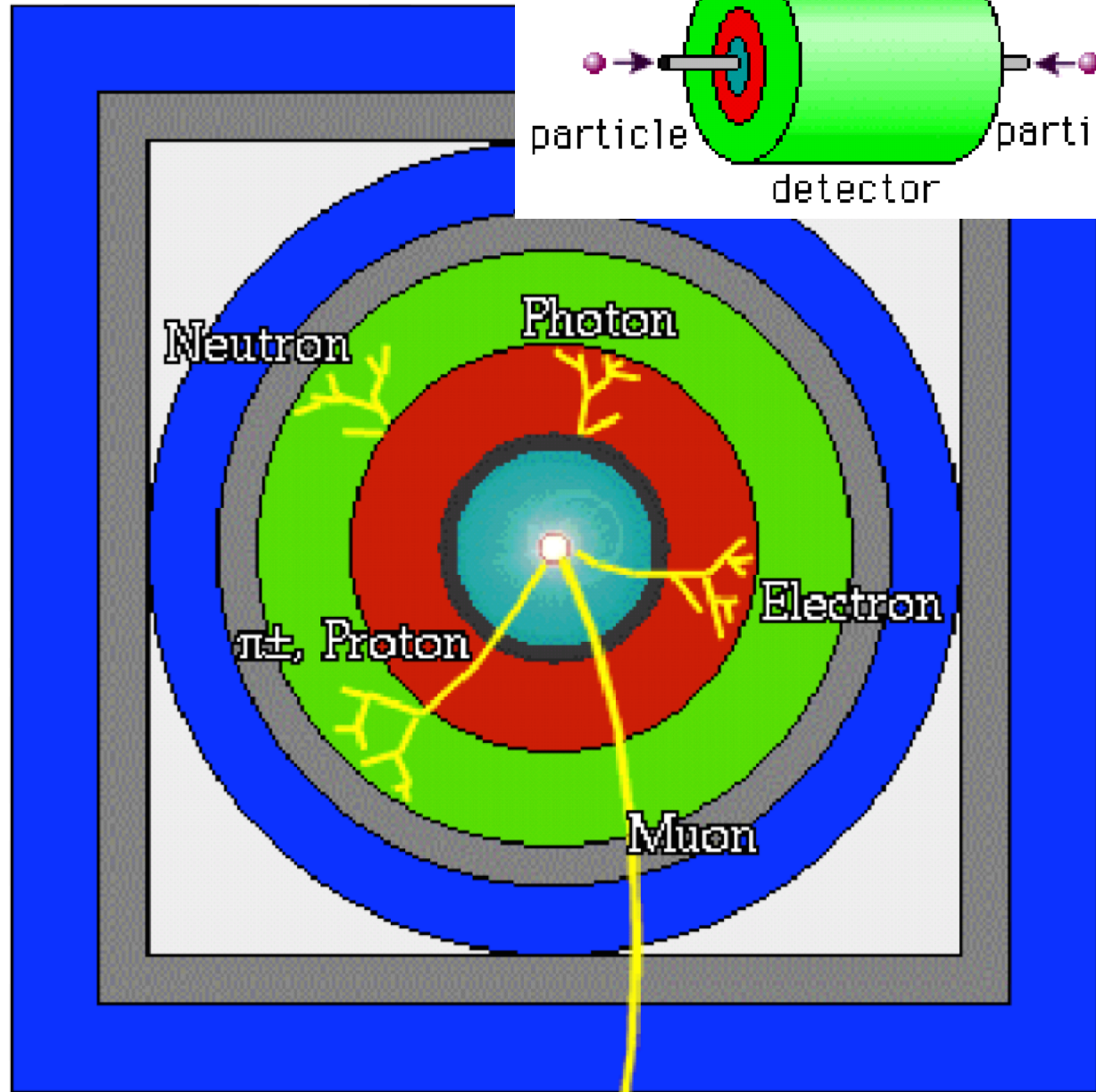
Deeltjes afbuiger (magneet)



Deeltjes versneller (spanningsverschil)



-  Beam Pipe (center)
-  Tracking Chamber
-  Magnet Coil
-  E-M Calorimeter
-  Hadron Calorimeter
-  Magnetized Iron
-  Muon Chambers



The Twenty Member States of CERN



Member States (Dates of Accession)

 AUSTRIA (1959)	 DENMARK (1953)	 GREECE (1953)	 NORWAY (1953)	 SPAIN (1/1961-12/1968-1/1983)
 BELGIUM (1953)	 FINLAND (1991)	 HUNGARY (1992)	 POLAND (1991)	 SWEDEN (1953)
 BULGARIA (1999)	 FRANCE (1953)	 ITALY (1953)	 PORTUGAL (1986)	 SWITZERLAND (1953)
 CZECH FR (1993)	 GERMANY (1953)	 NETHERLANDS (1953)	 SLOVAK FR (1993)	 UNITED KINGDOM (1953)

CERN AC/DI/MM - ES36B 1999 - 15/6/99



Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be



Vrije Universiteit Brussel

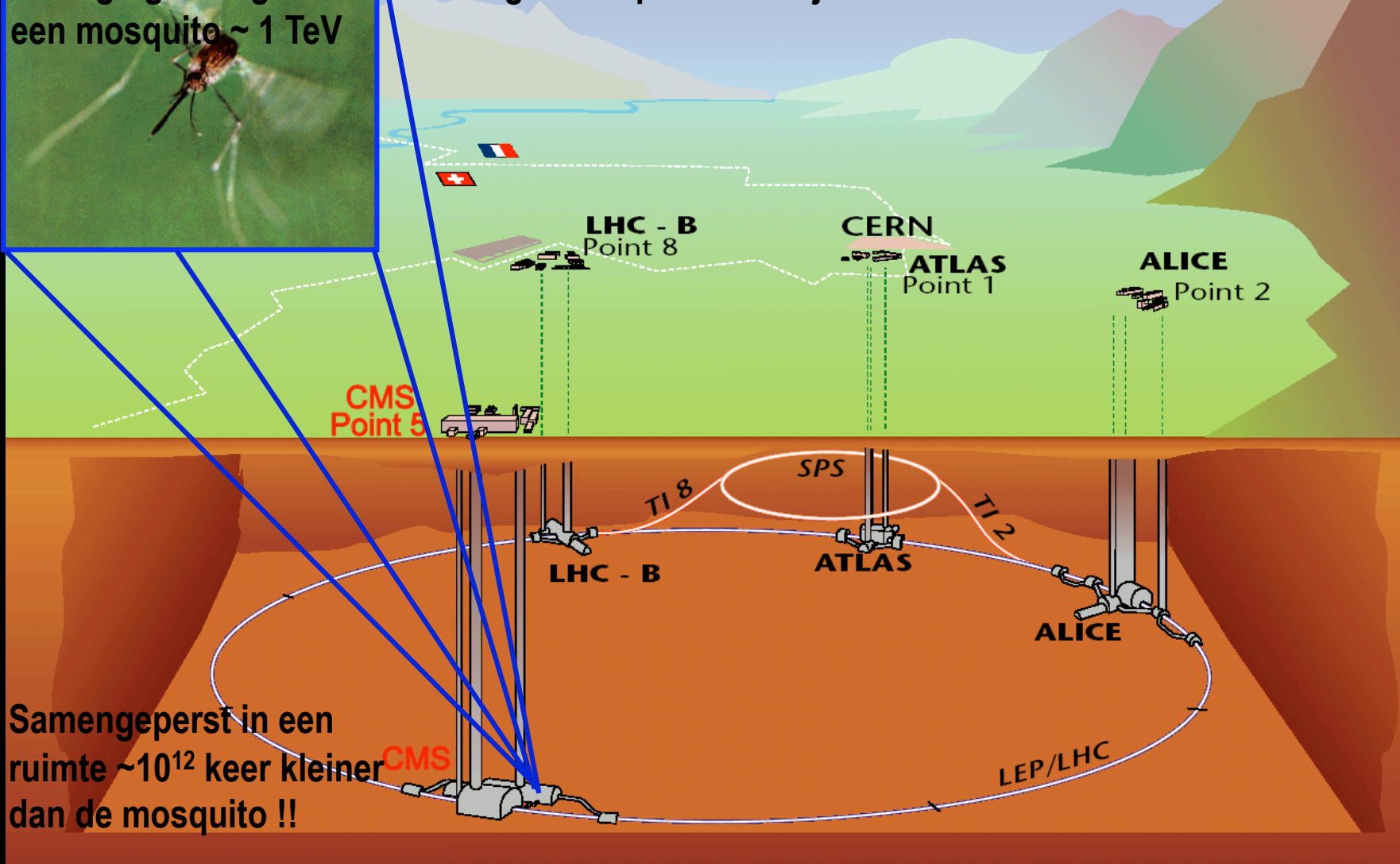
Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

Bewegingsenergie van een mosquito ~ 1 TeV



Botsingen van protonen bij LHC

$\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$

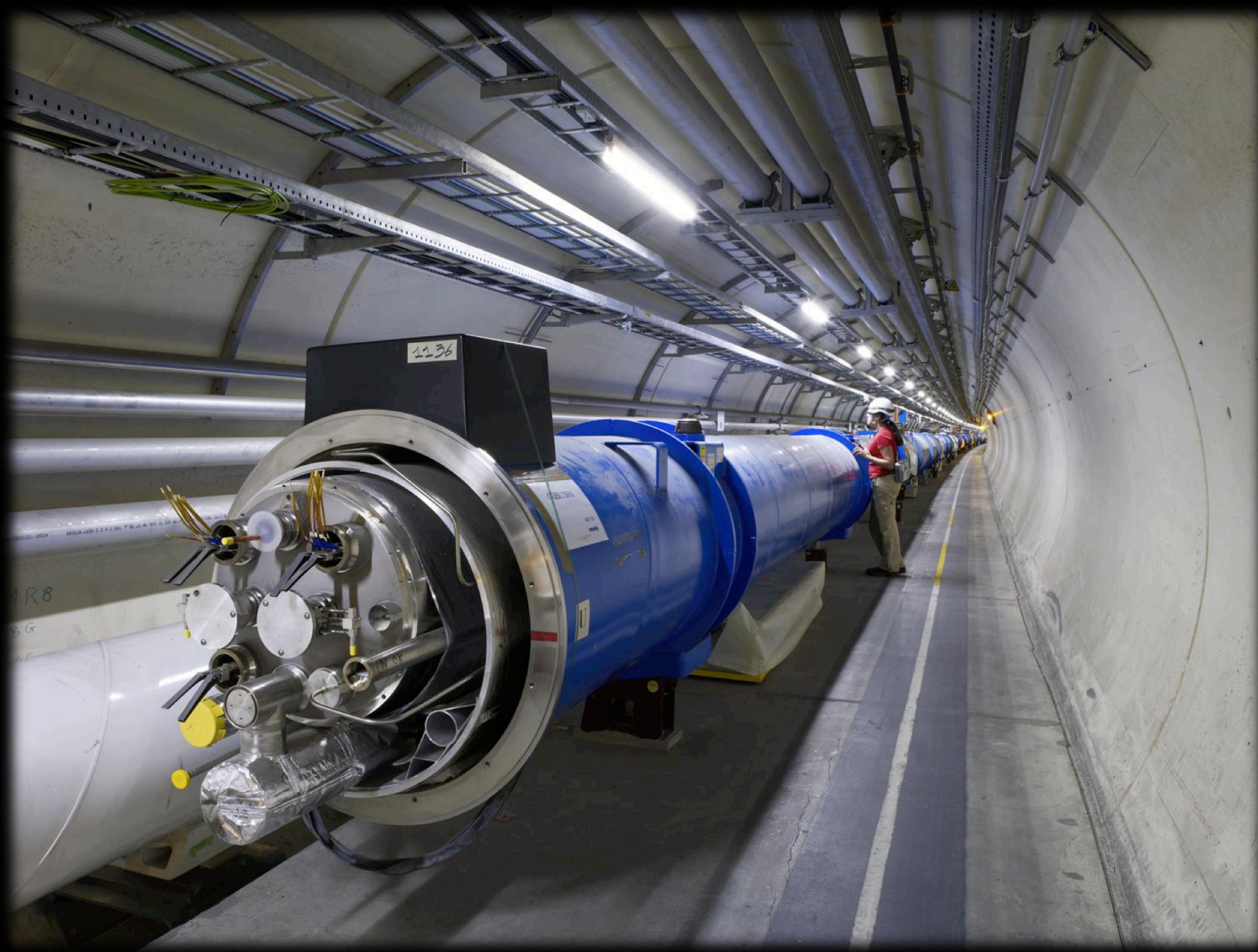


Samengeperst in een ruimte $\sim 10^{12}$ keer kleiner dan de mosquito !!



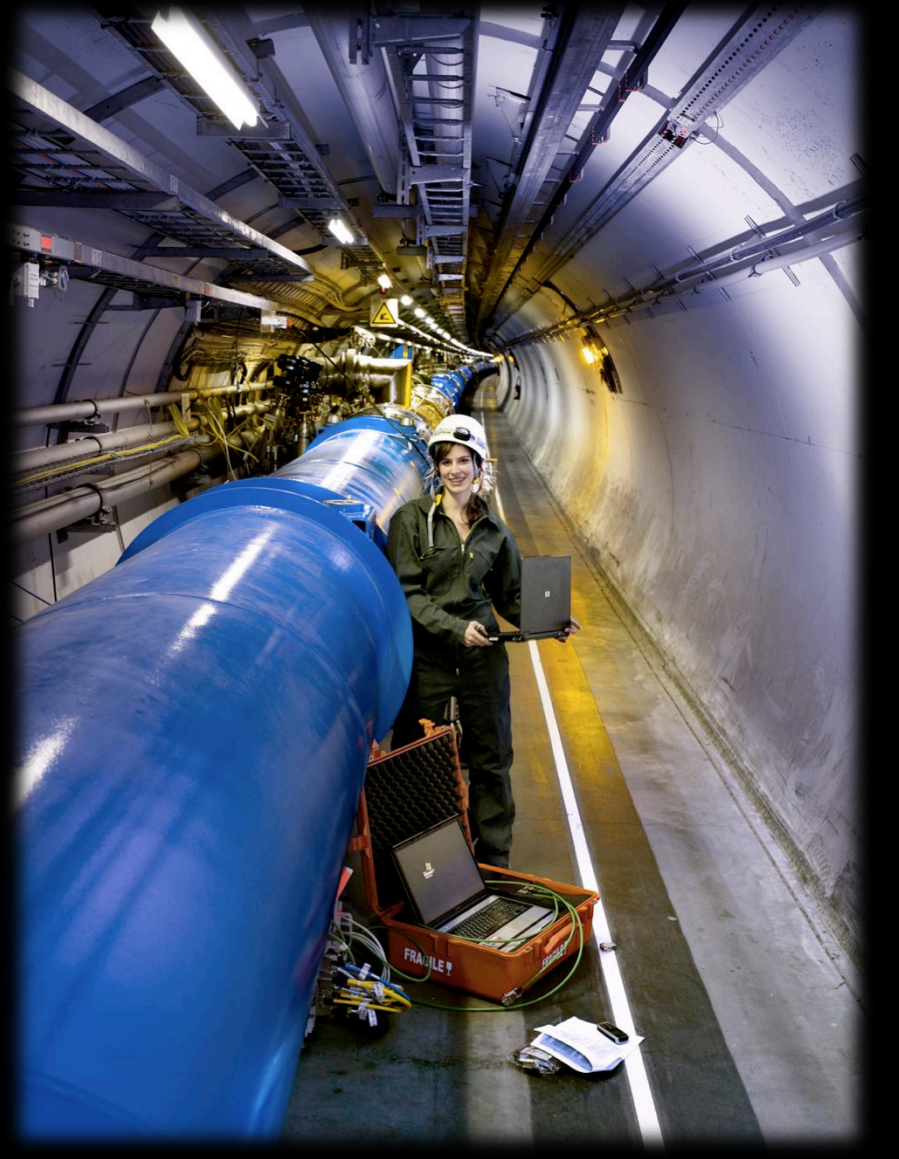
Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be



Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be



Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

Proton botsingen bij de LHC te CERN

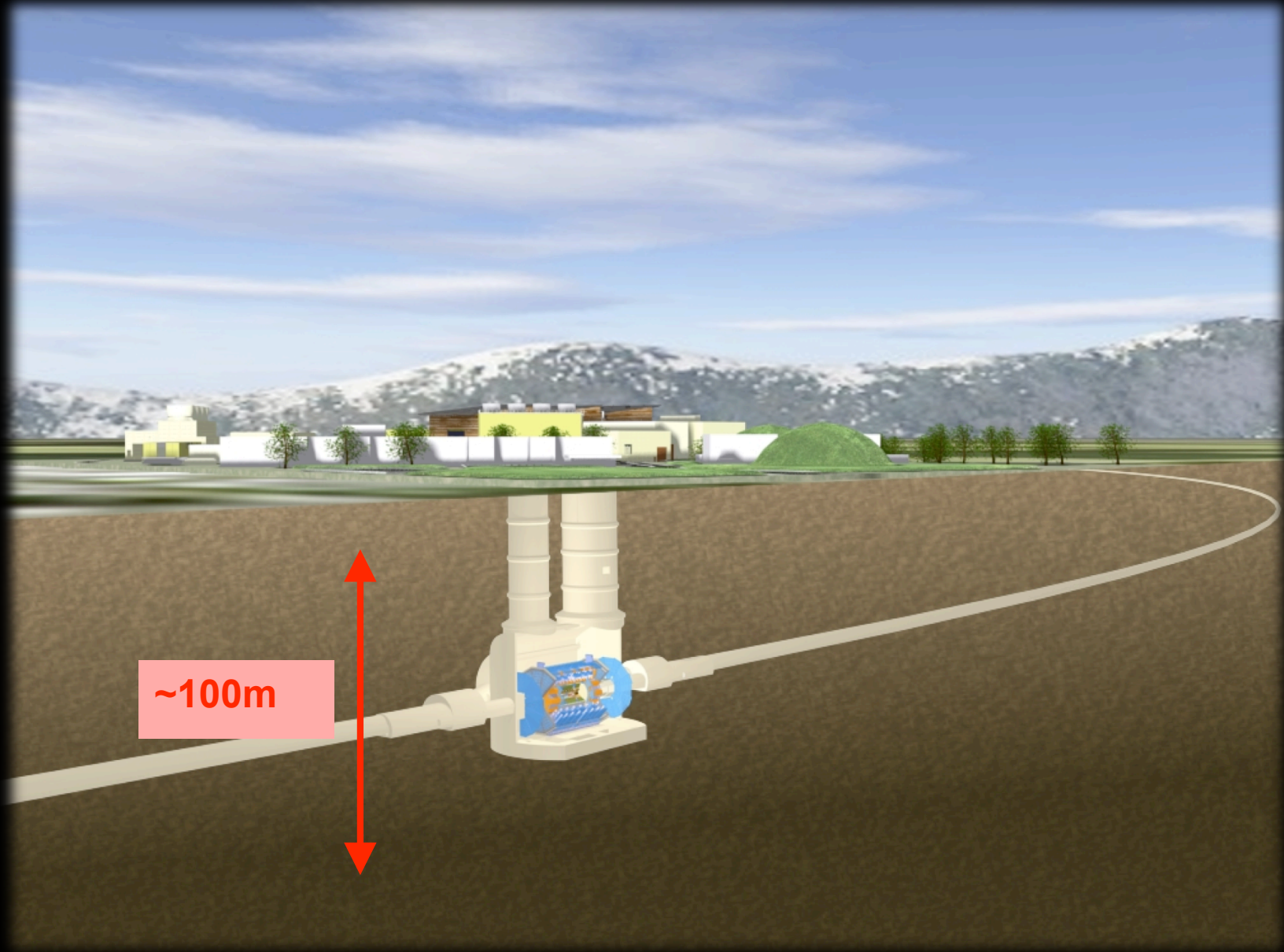


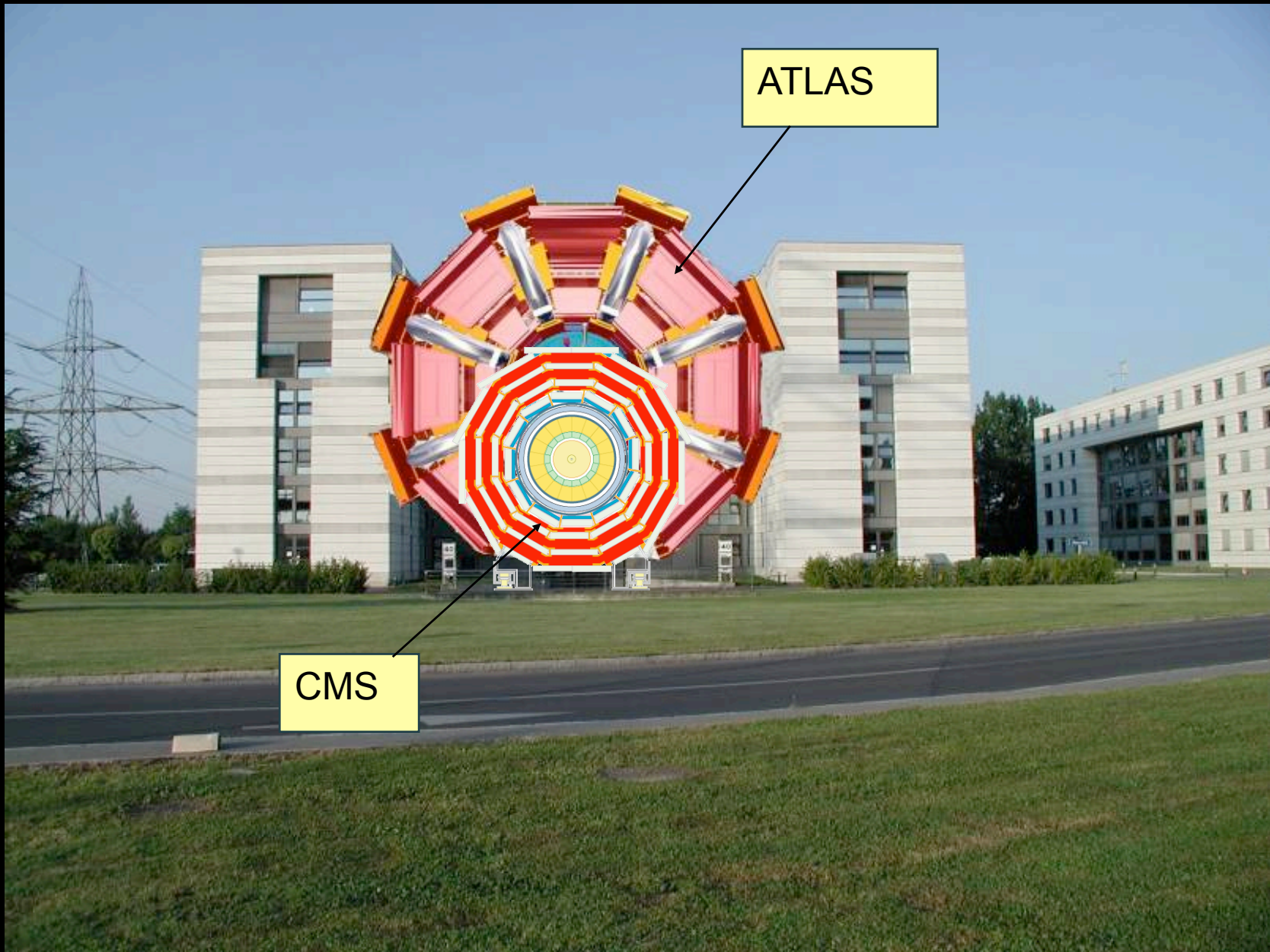
Bij 14 TeV botsingen worden soms nieuwe deeltjes gevormd volgens onze theoriën



Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be





ATLAS

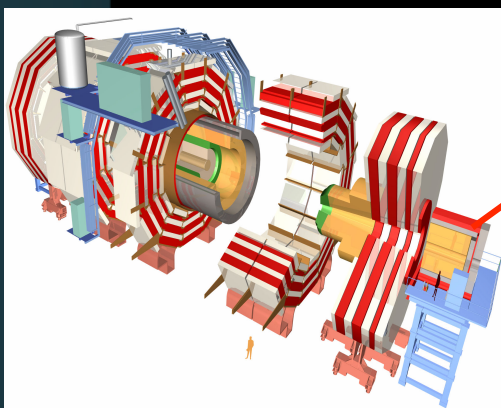
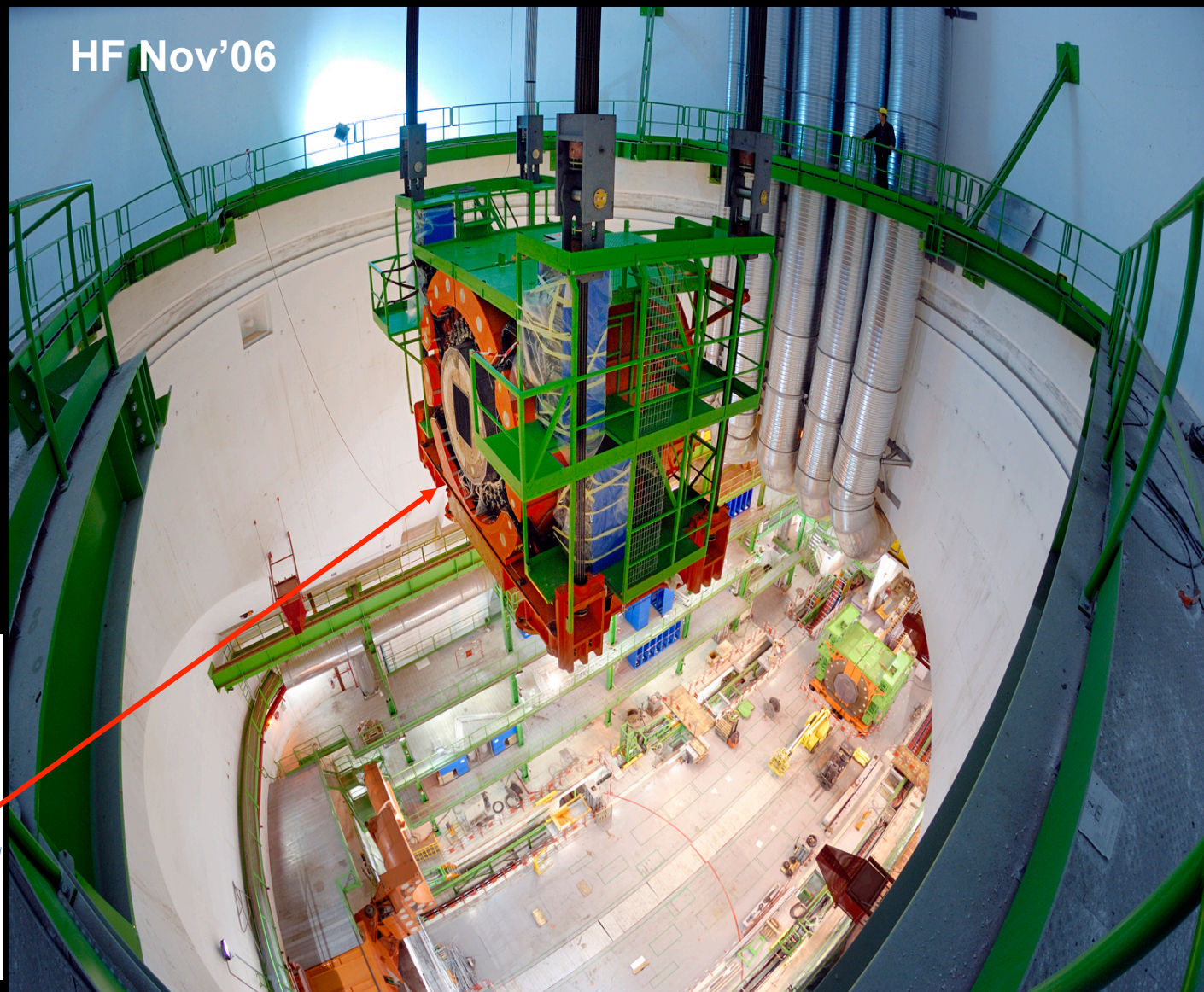
CMS



Vrije Universiteit Brussel

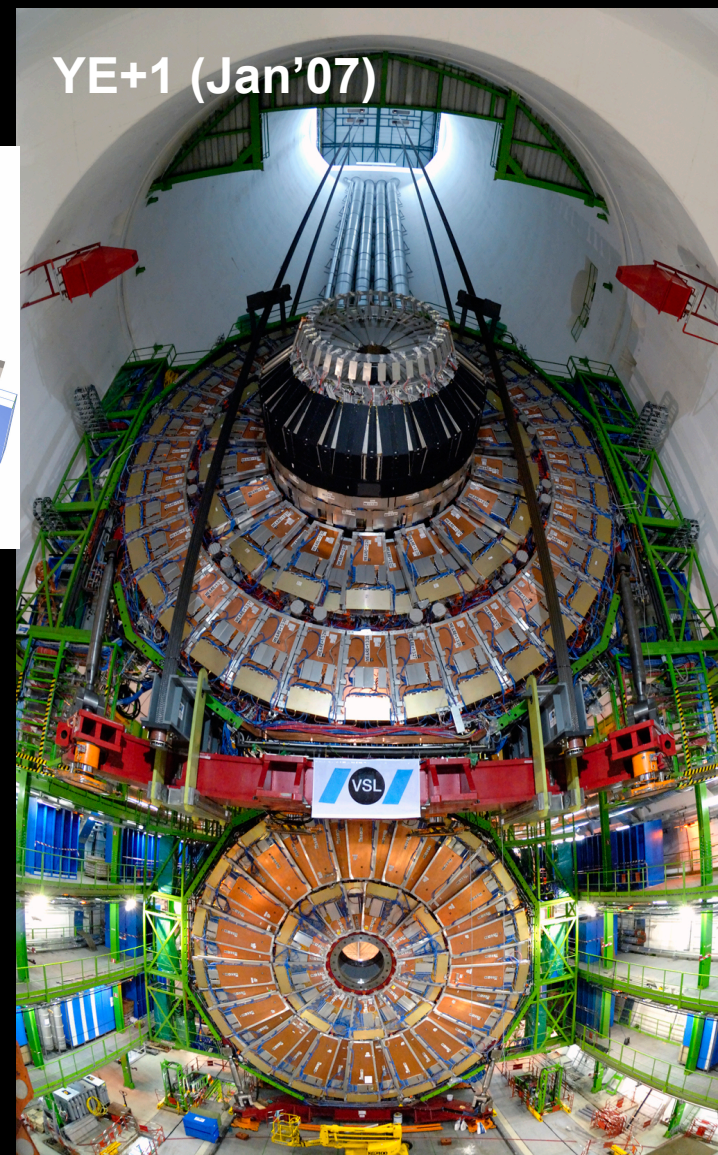
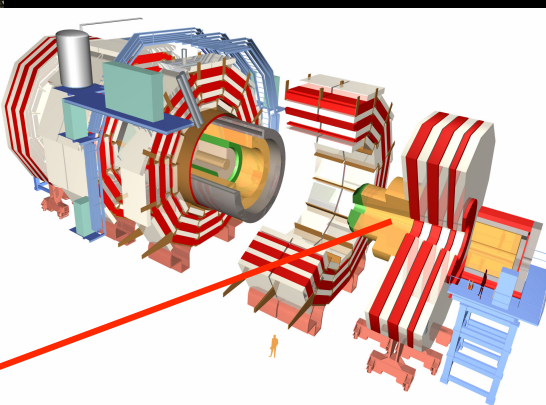
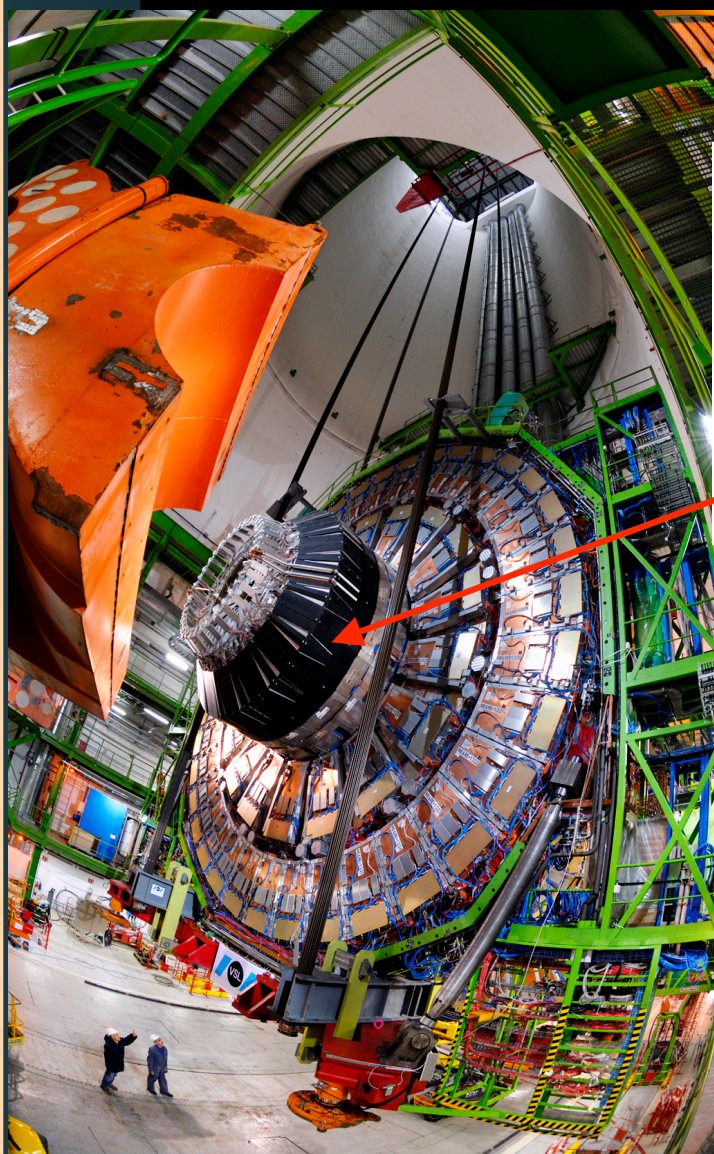
Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

HF Nov'06



Vrije Universiteit Brussel

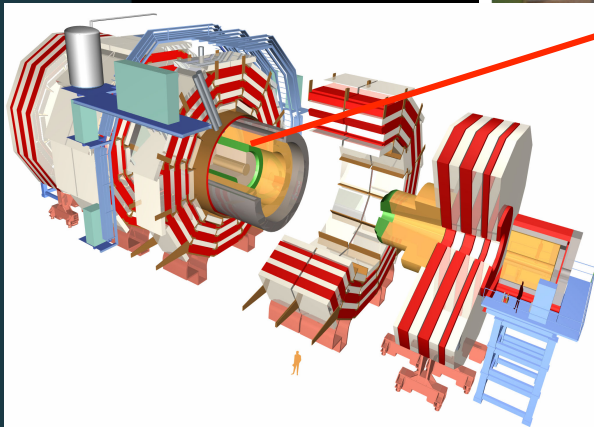
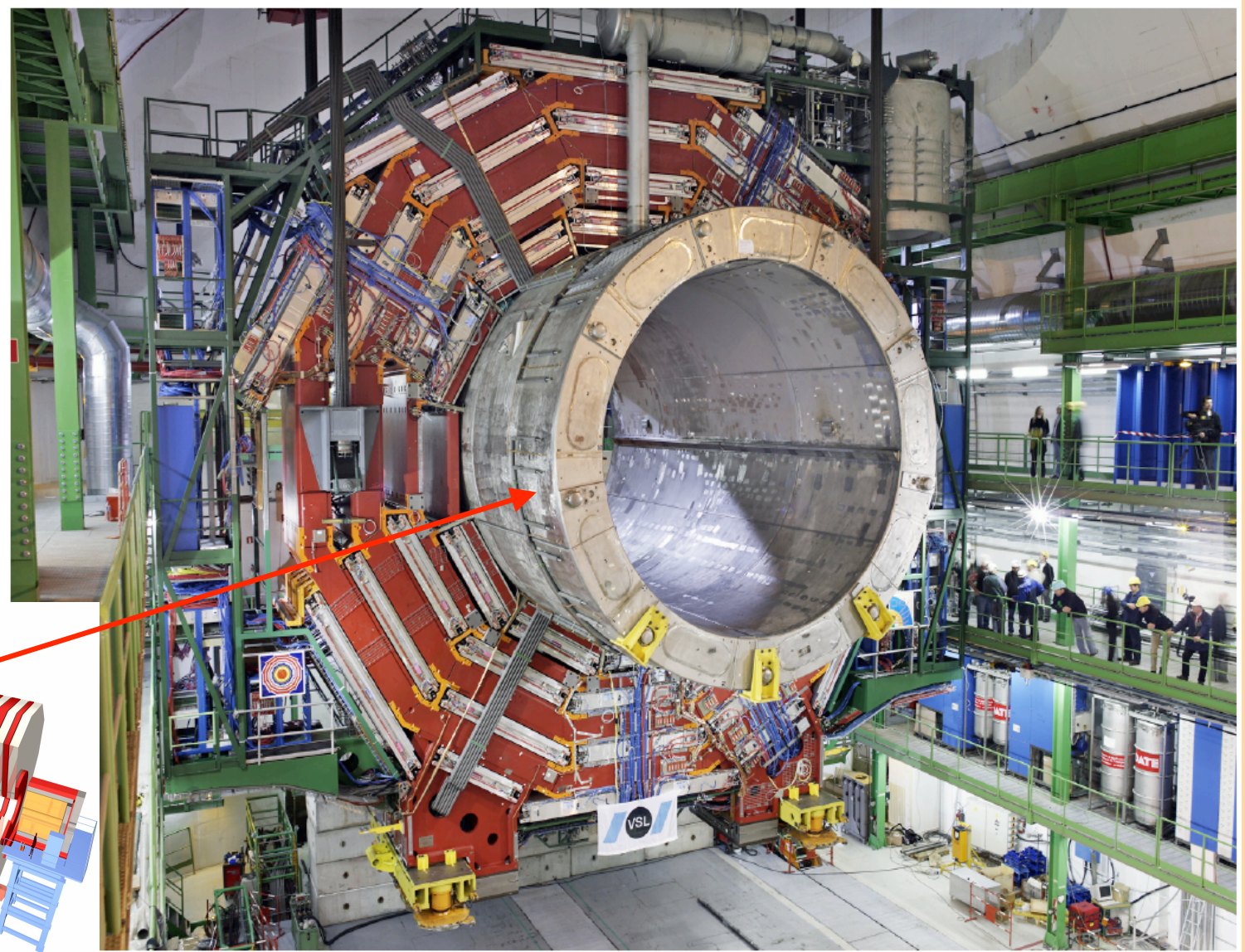
Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be



Vrije Universiteit Brussel

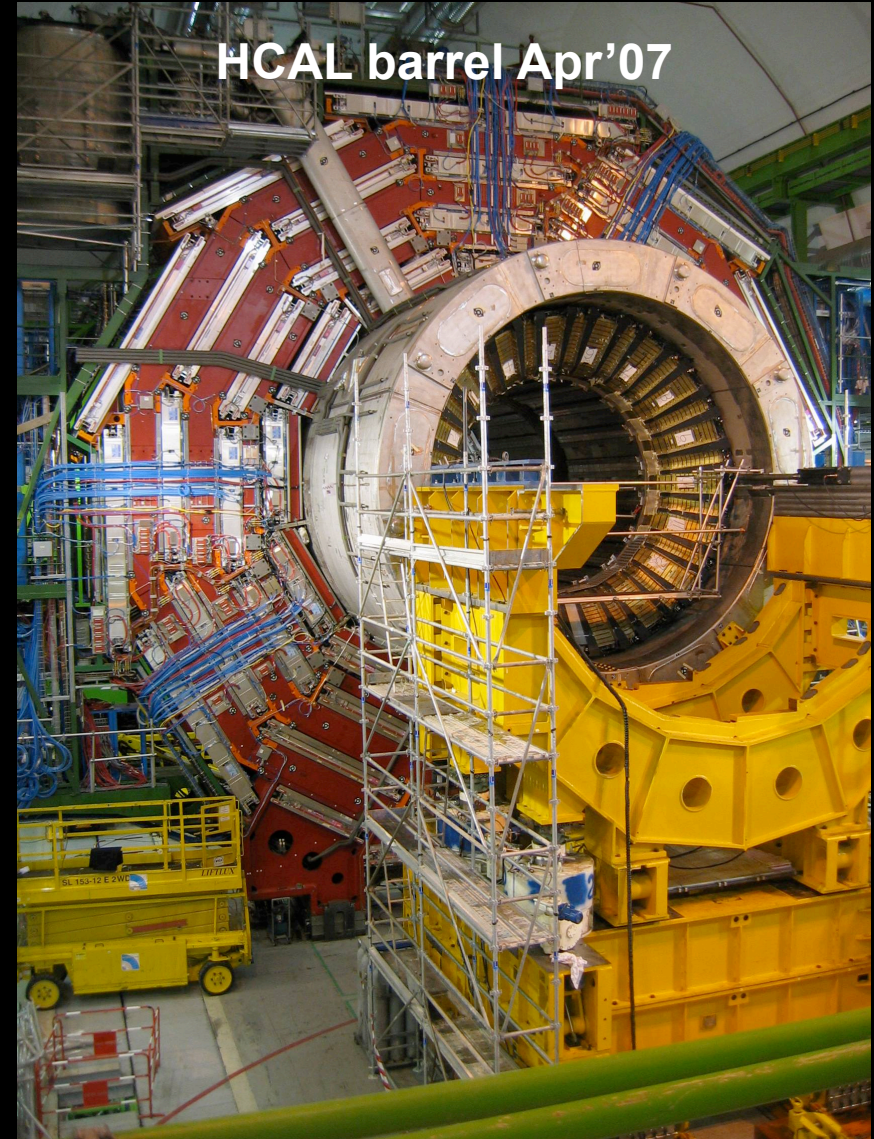
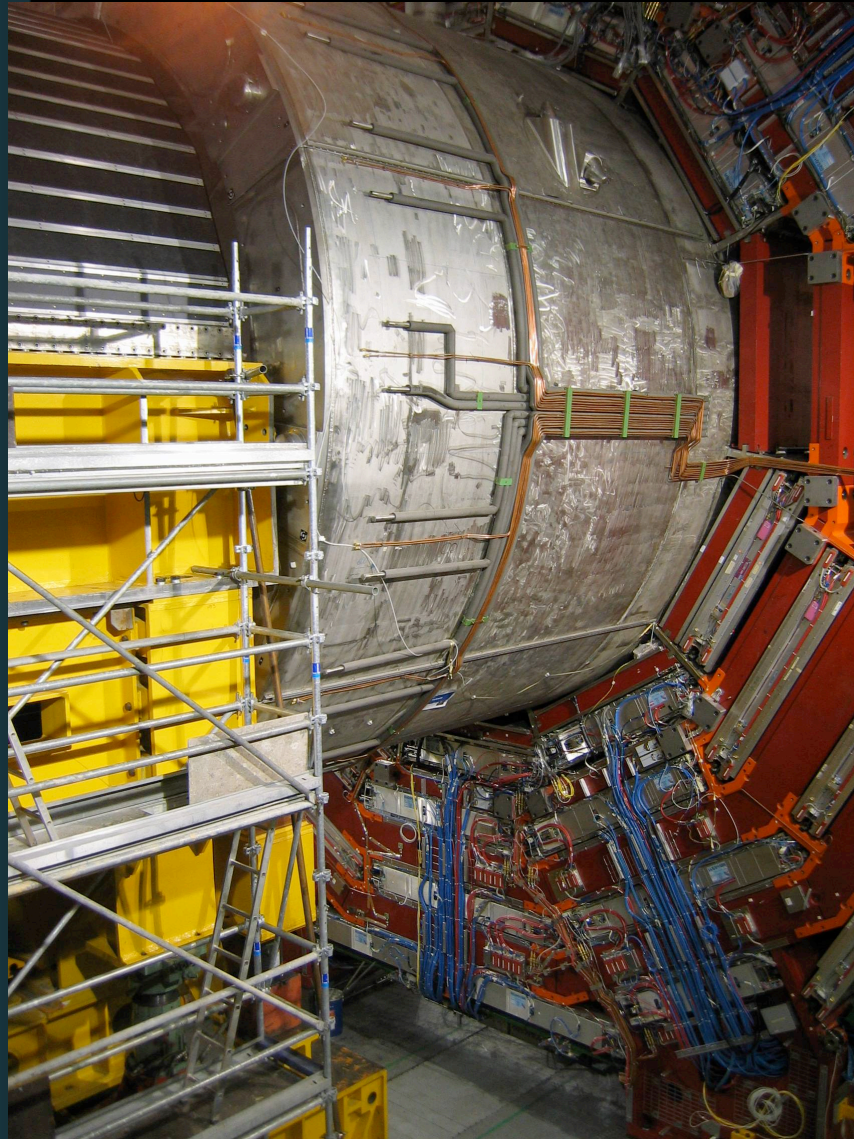
Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

YB0 lowering



Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

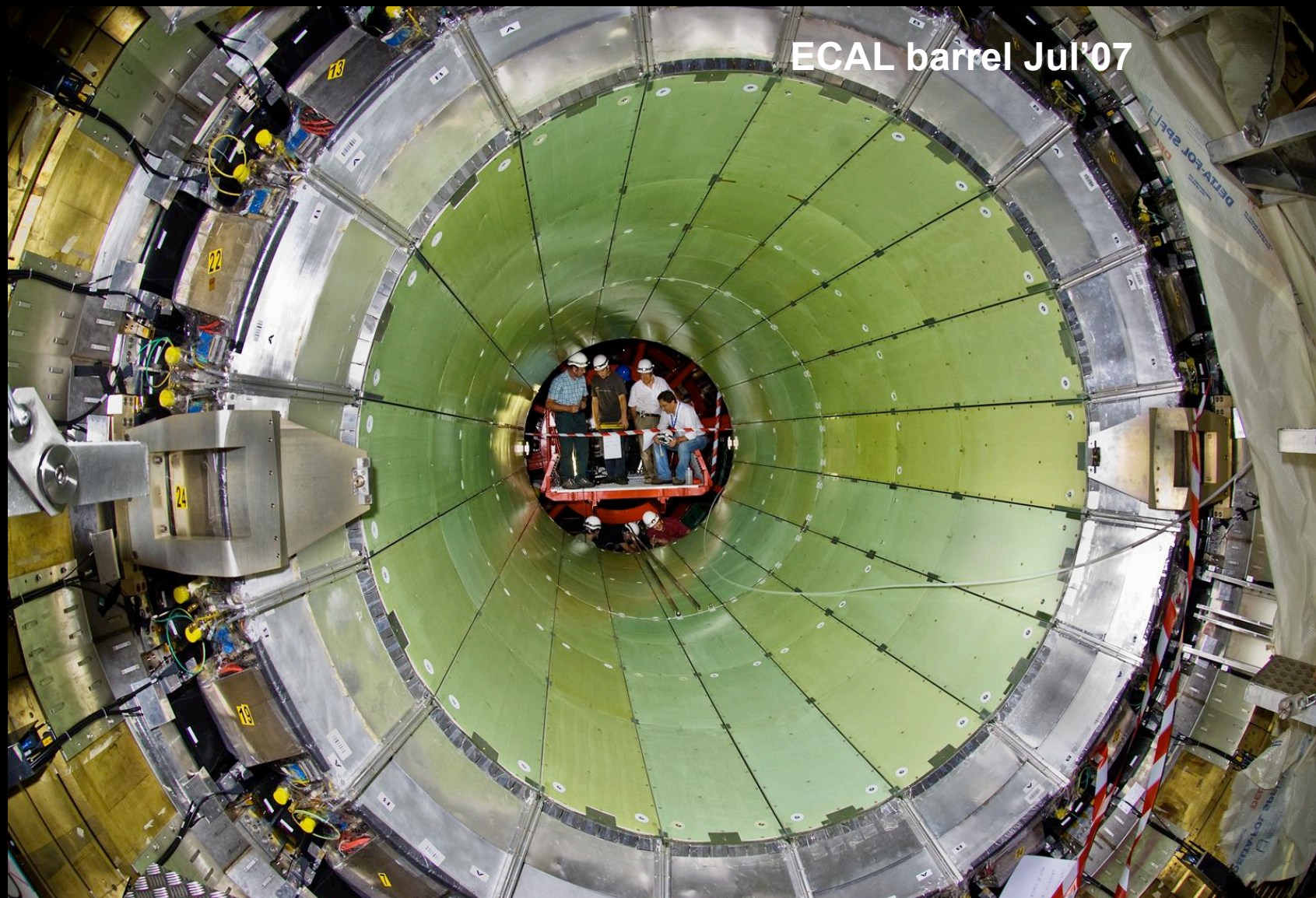


HCAL barrel Apr'07



Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

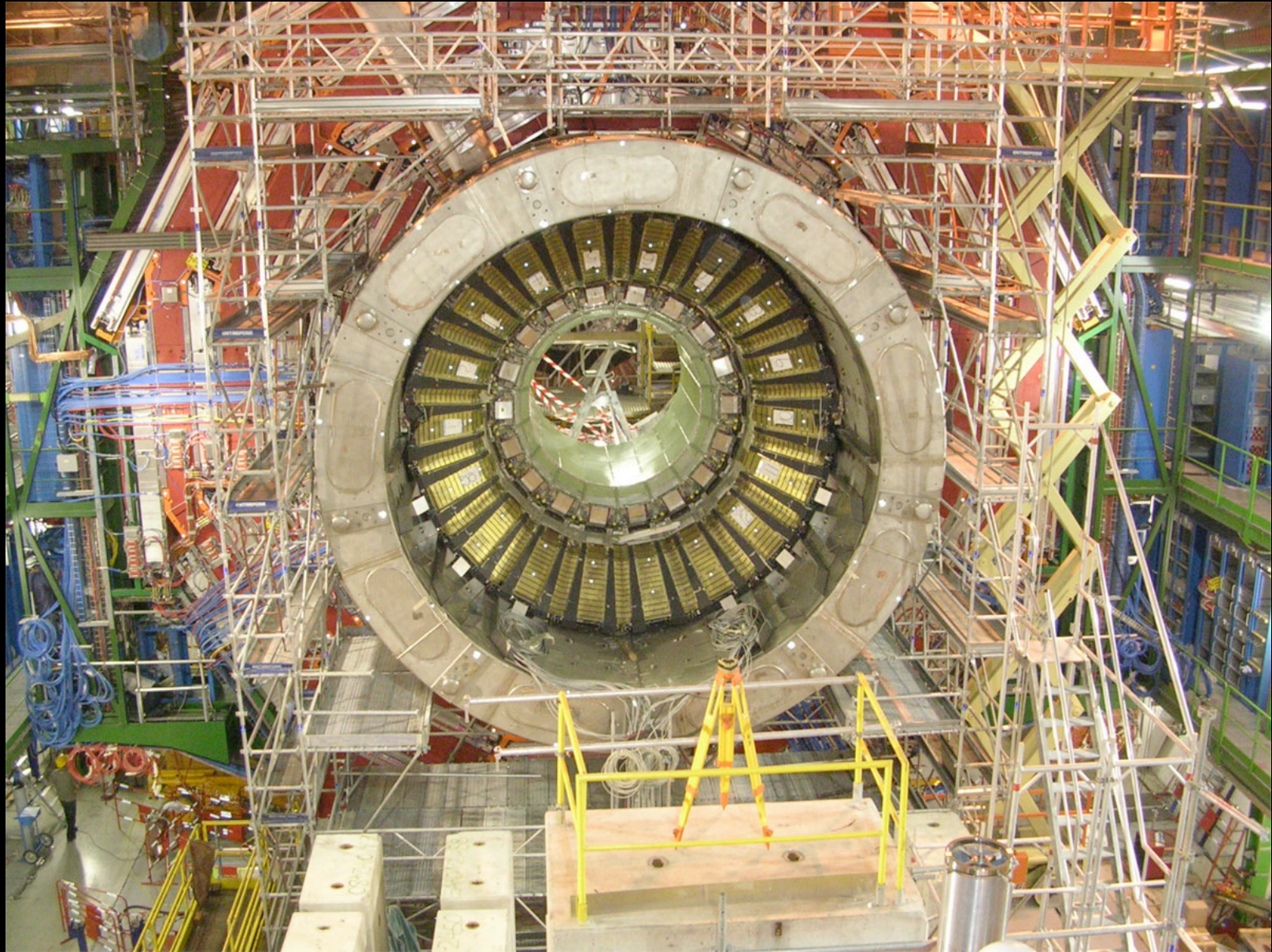


ECAL barrel Jul'07



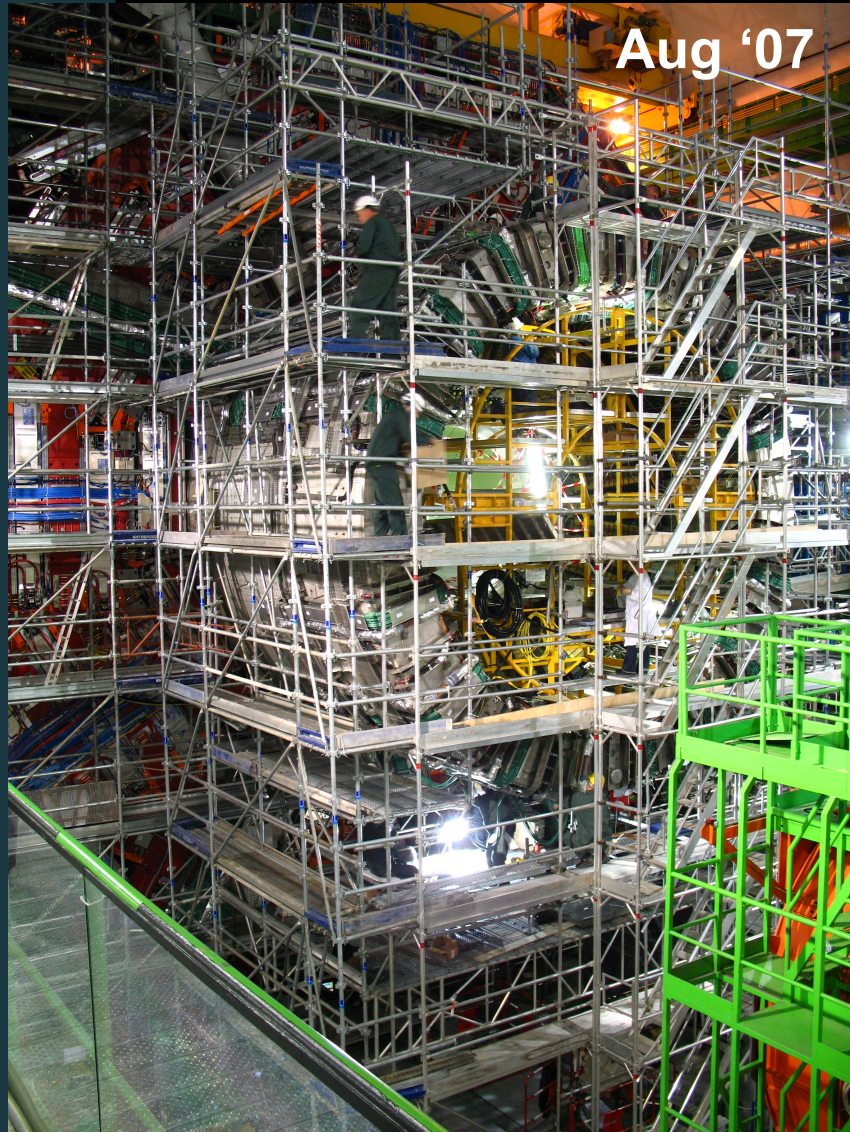
Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

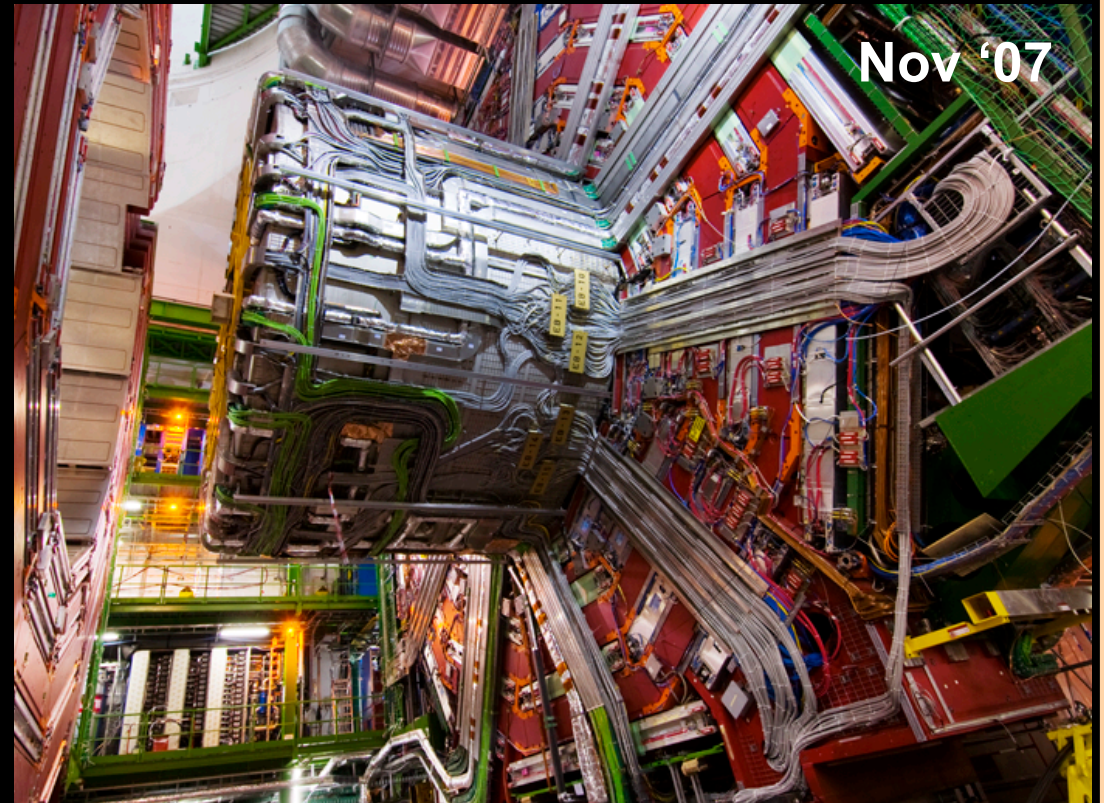


Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be



Veel kabels voor het uitlezen of stroom/
koeling van de systemen



Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

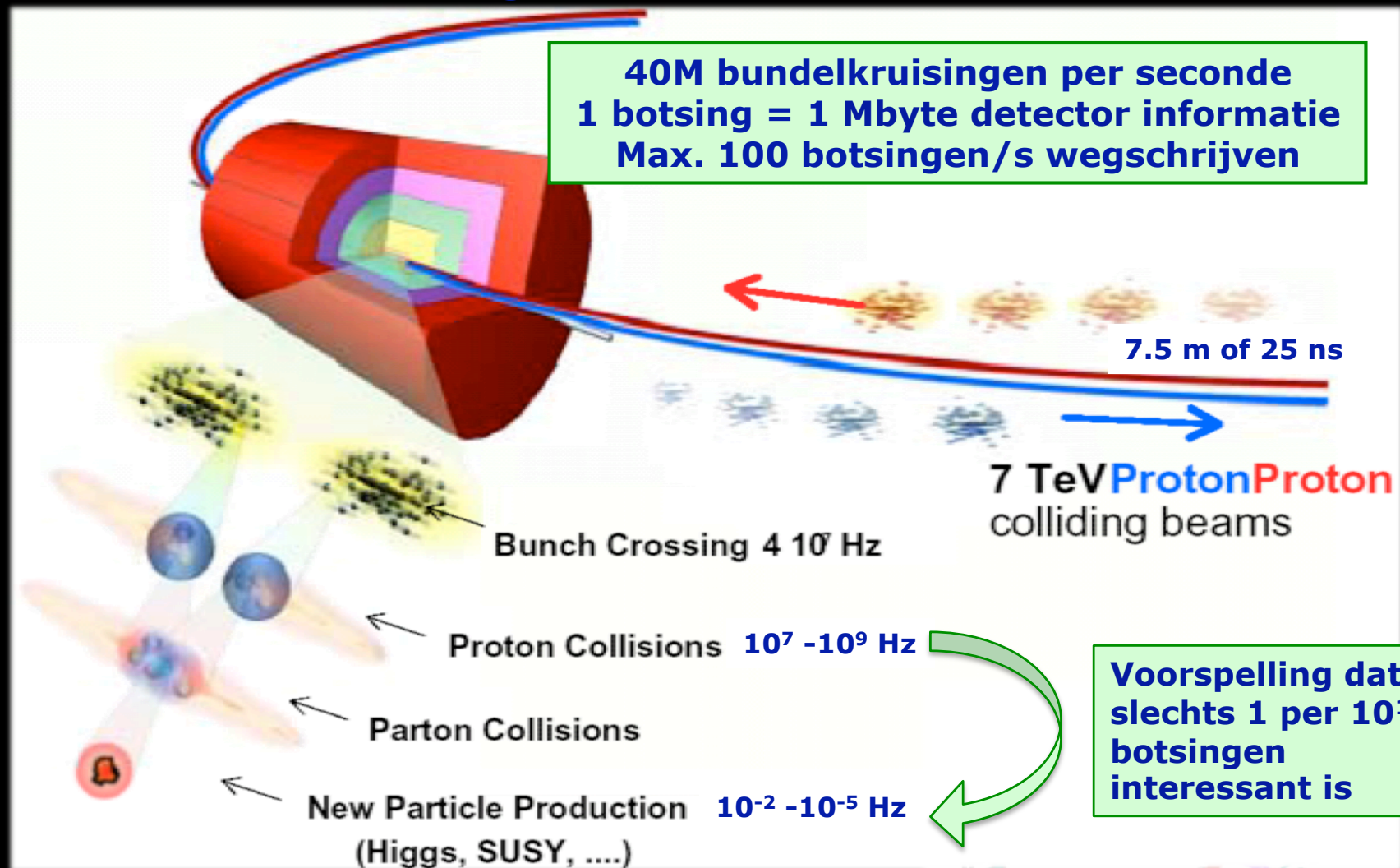
Tracker installed Dec '07



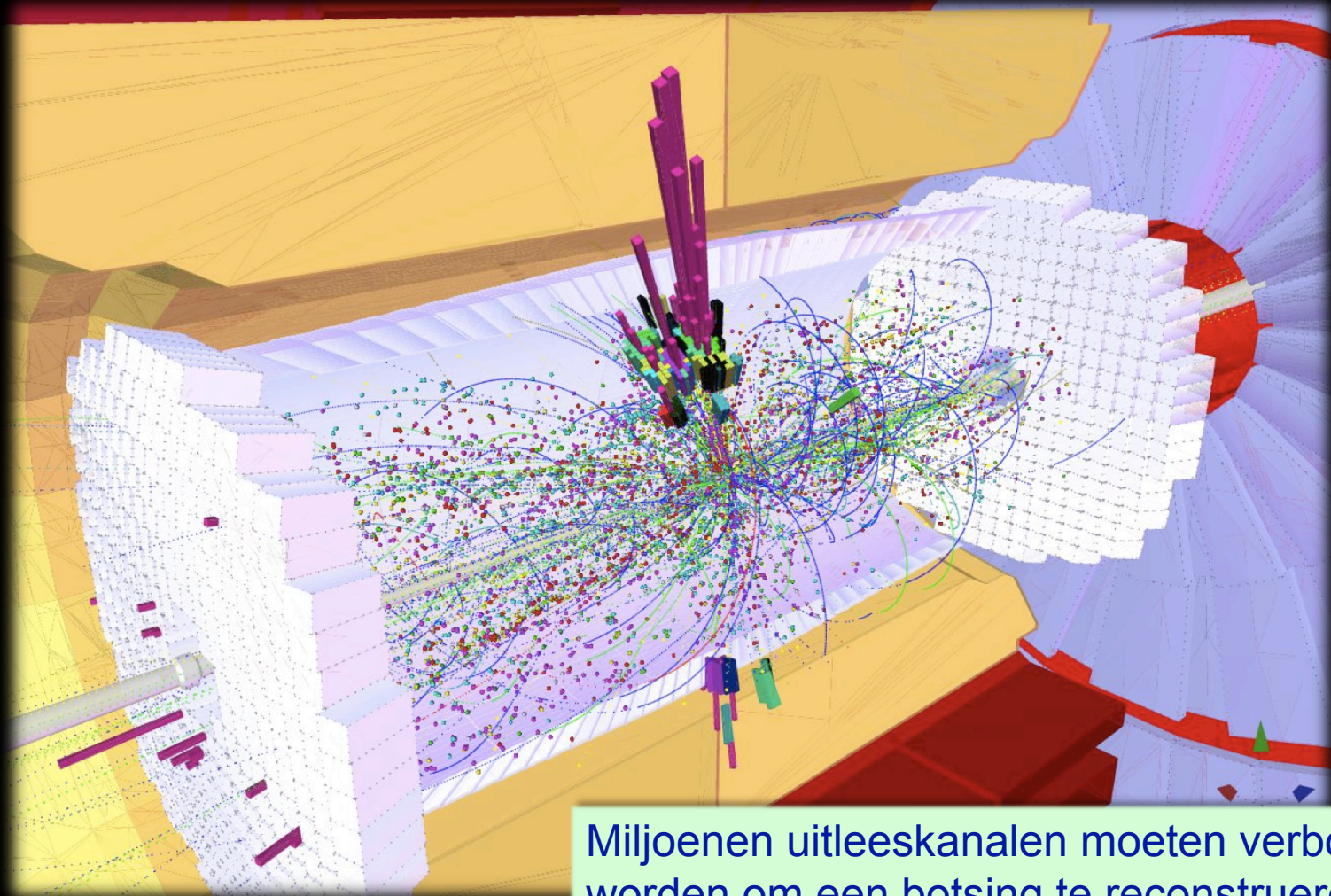
Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

Proton botsingen bij de LHC te CERN



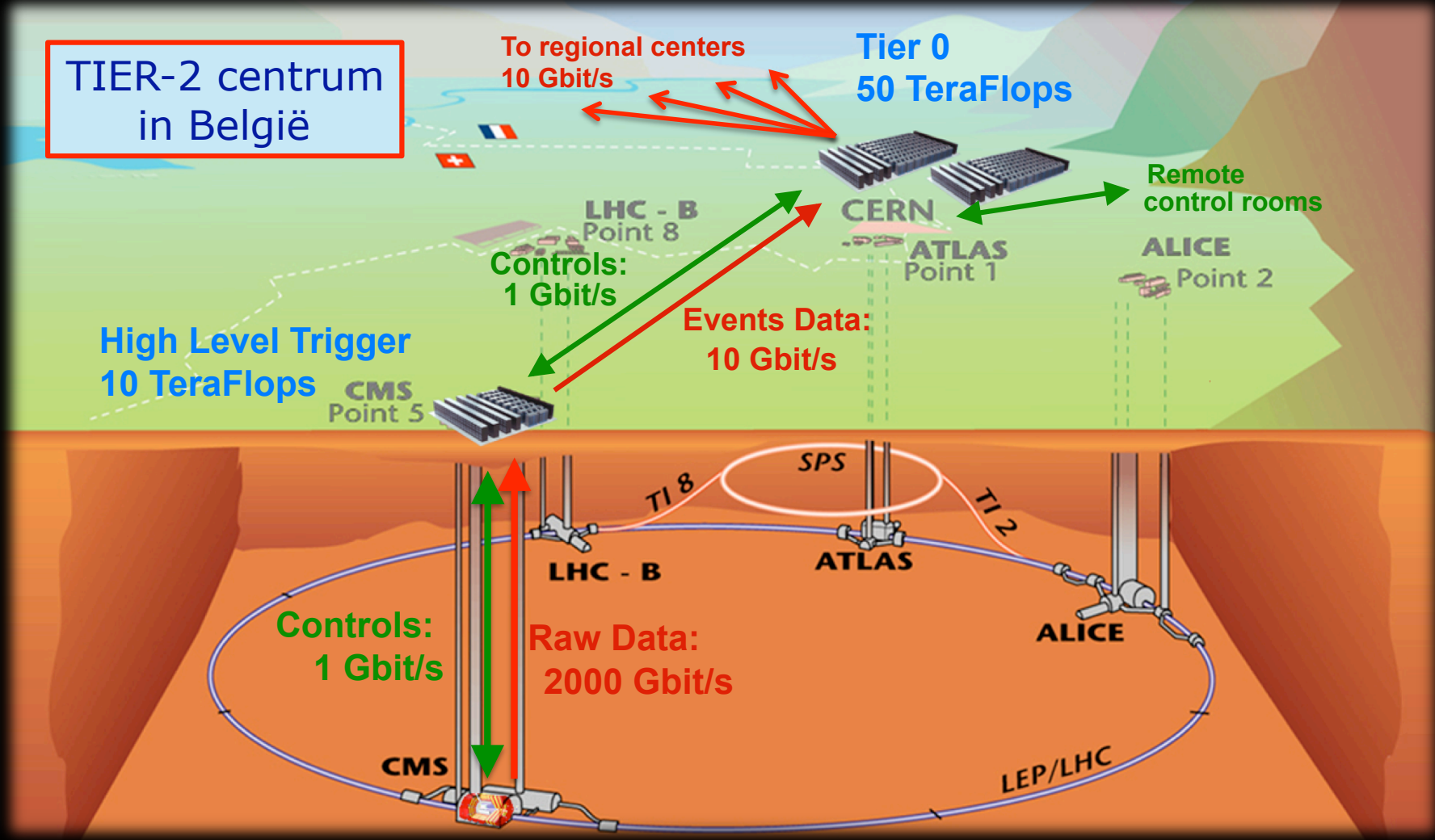
Uitlezen van de botsing met CMS



Miljoenen uitleeskanalen moeten verbonden worden om een botsing te reconstrueren

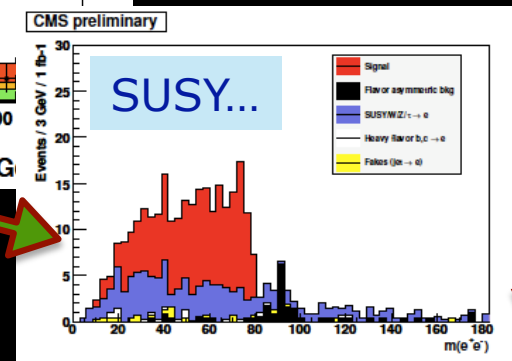
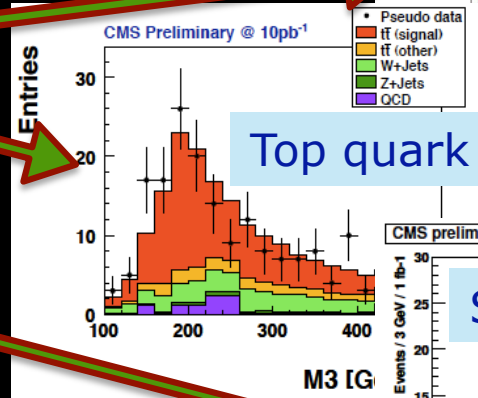
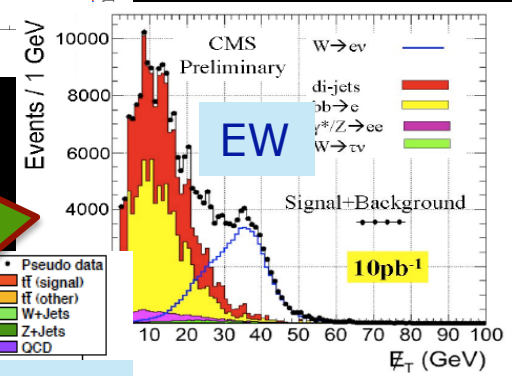
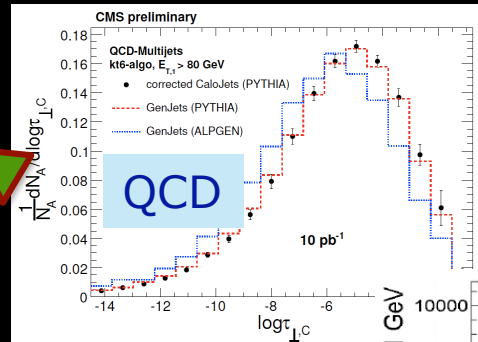
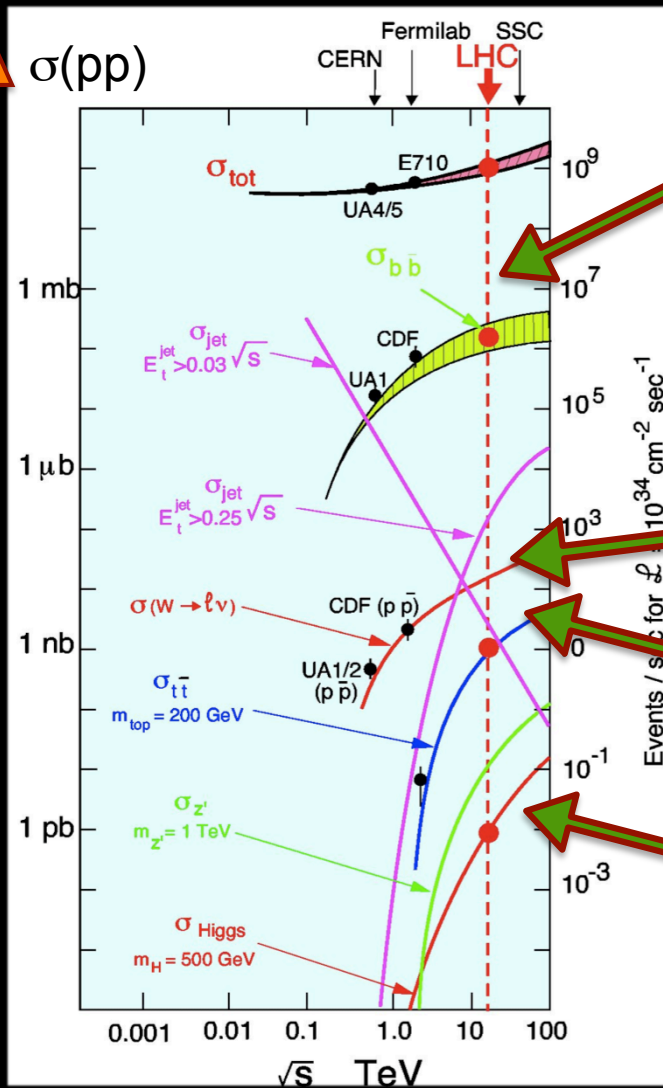


Computer netwerk voor data analyse



Verschillende botsingsprocessen

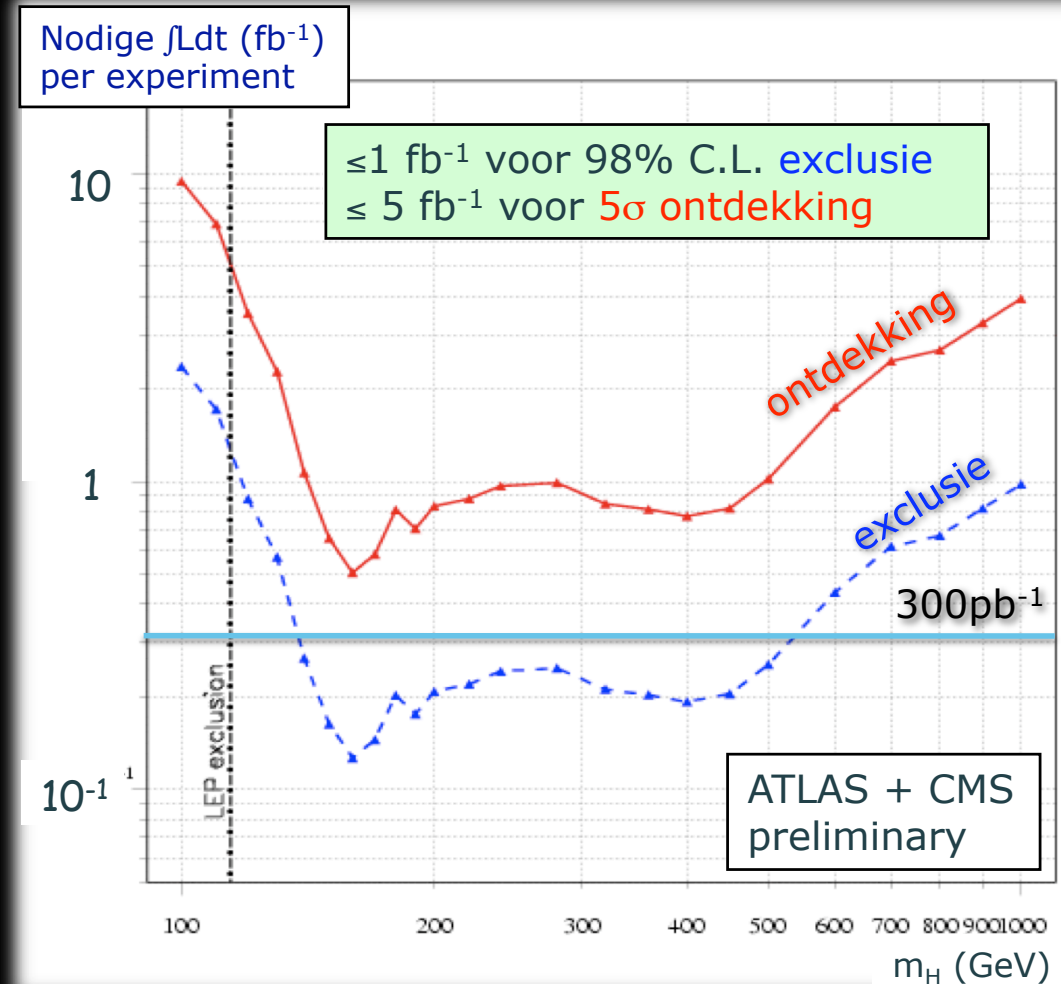
Kans van voorkomen...



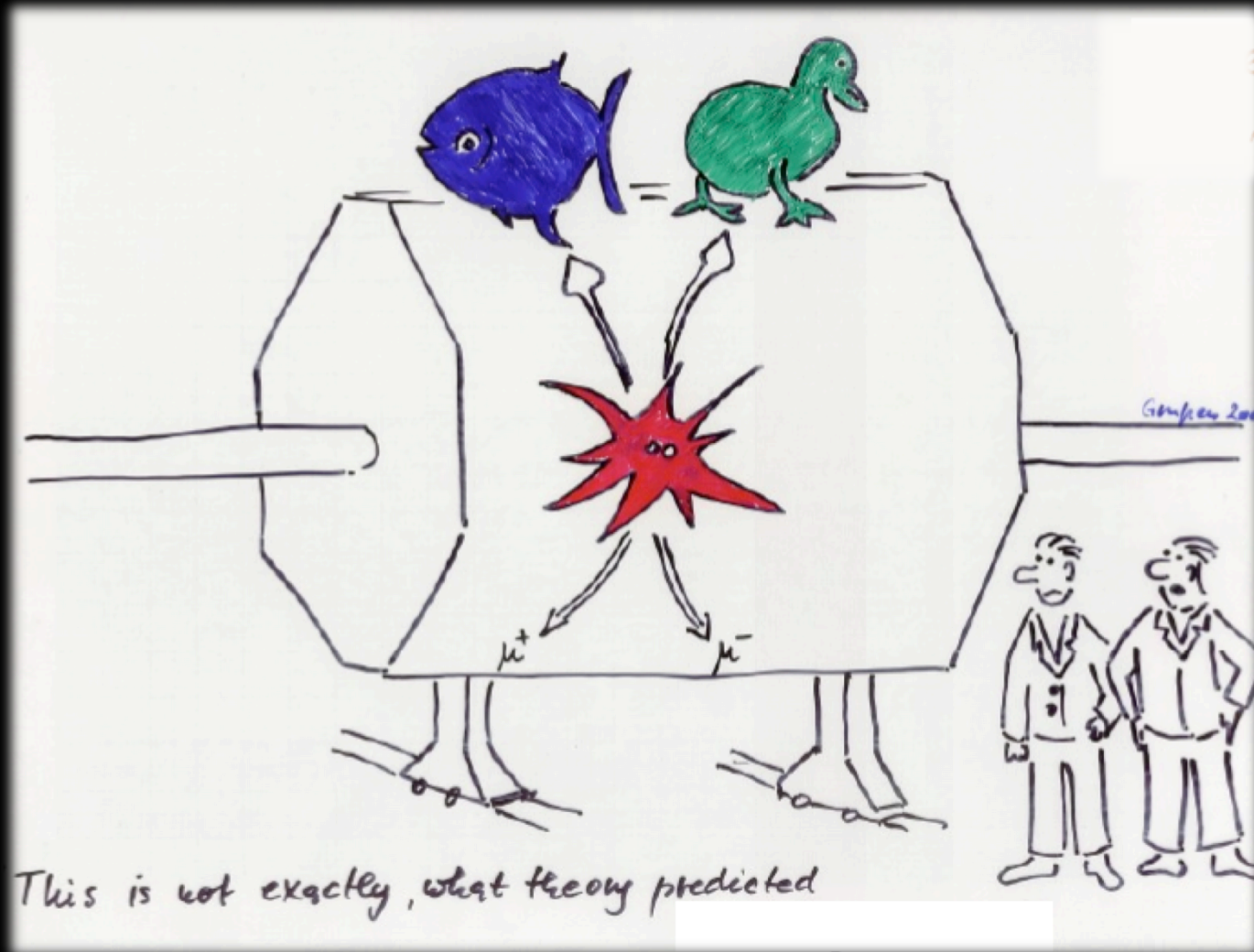
Moelijker te observeren...

Ontdekking van het BEH-deeltje ?

- Verschillende nieuwe methoden ontworpen voor deze zoektocht
- Met simulaties bewezen dat indien we alle informatie samen nemen van alle LHC gegevens we met zekerheid zullen weten of het BEH-deeltje bestaat of niet
- Dit is een cruciale stap in het opstellen naar een unieke theorie waarin alle fysische aspecten beschreven worden



Voorbereiden voor het onbekende...



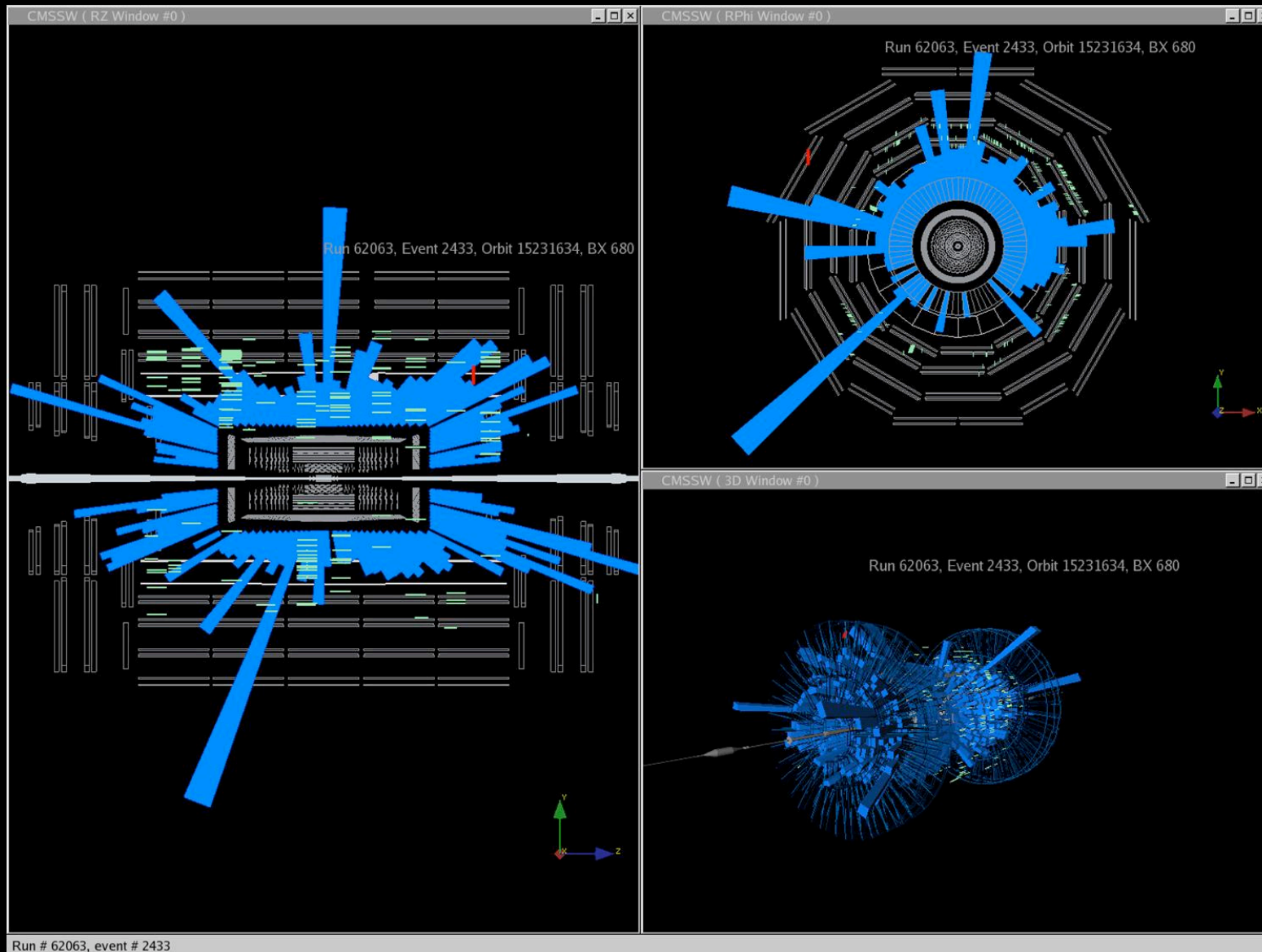
Eerste protonen circuleren op 10 september 2008



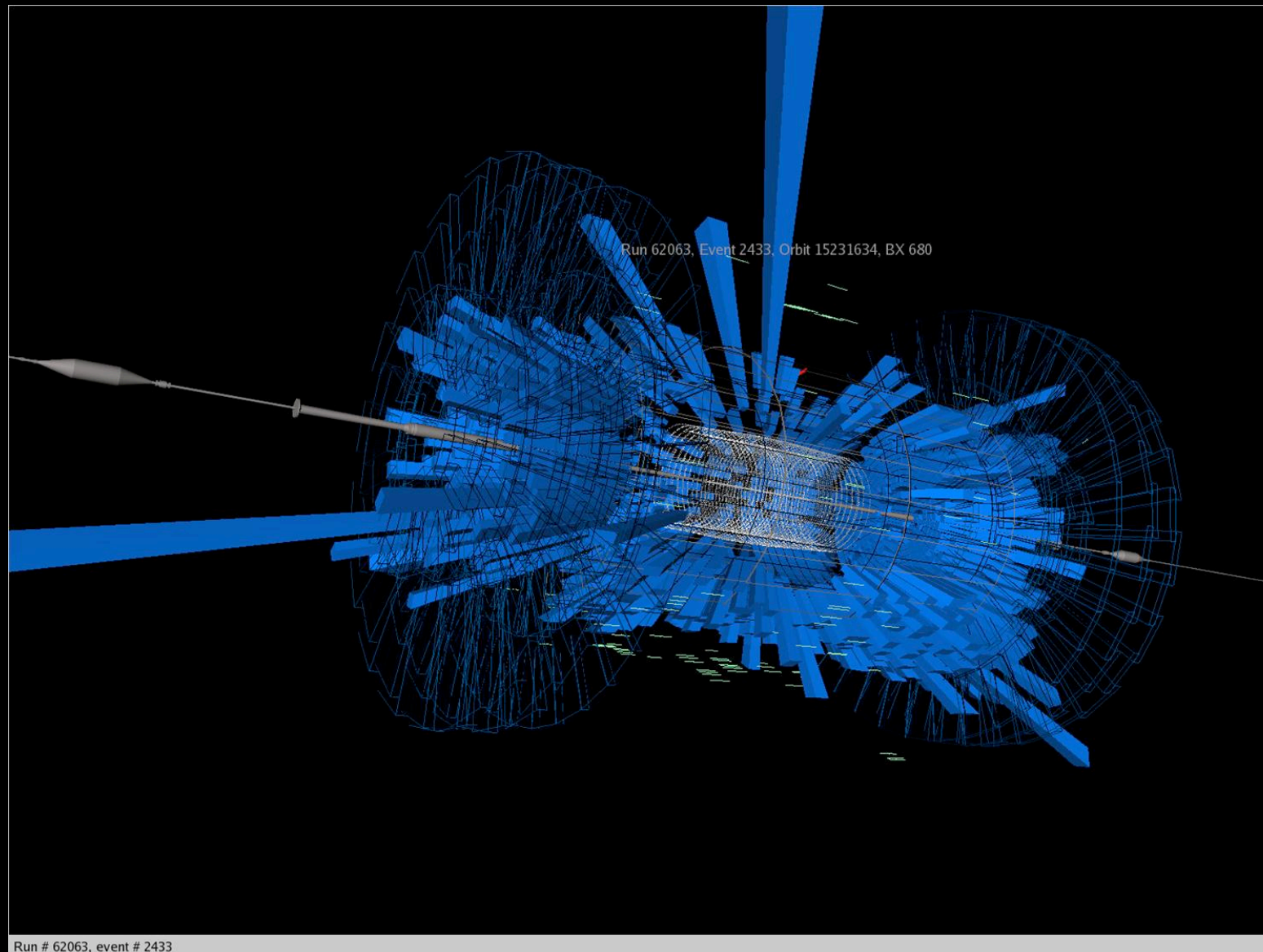
Vrije Universiteit Brussel

Prof. Jorgen D'Hondt
jodhondt@vub.ac.be

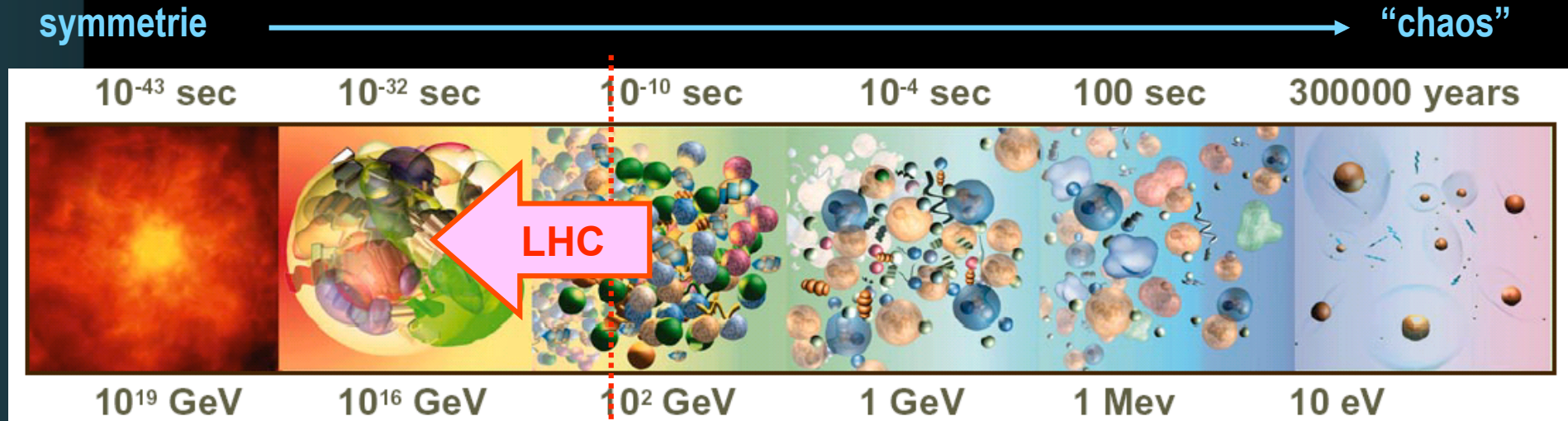
Eerste protonen circuleren op 10 september 2008



Eerste protonen circuleren op 10 september 2008



Tijdreizen met deeltjesversnellers



Experimenteel te ontdekken met nieuwe experimenten :
deeltjesfysicus is eigenlijk een ontdekkingsreiziger in tijd en ruimte ...

vandaag

Eén theorie die alles beschrijft tot ~ 200 GeV :

Het Standaard Model

maar verder ???



Fysica met de LHC versneller te CERN

- Deeltjesfysica is een van de belangrijkste pilaren van de hedendaagse fysica (~50% van de Nobelprijzen na WO II)
- De LHC is een uniek en grootste experiment ooit waar een grondige voorbereiding aan vooraf ging (versneller, detectors, computer infrastructuur, data analyse methoden, ...)
- Hiermee zullen we informatie verzamelen over de inhoud van het Universum, alsook zijn oorsprong, evolutie en lotsbestemming

