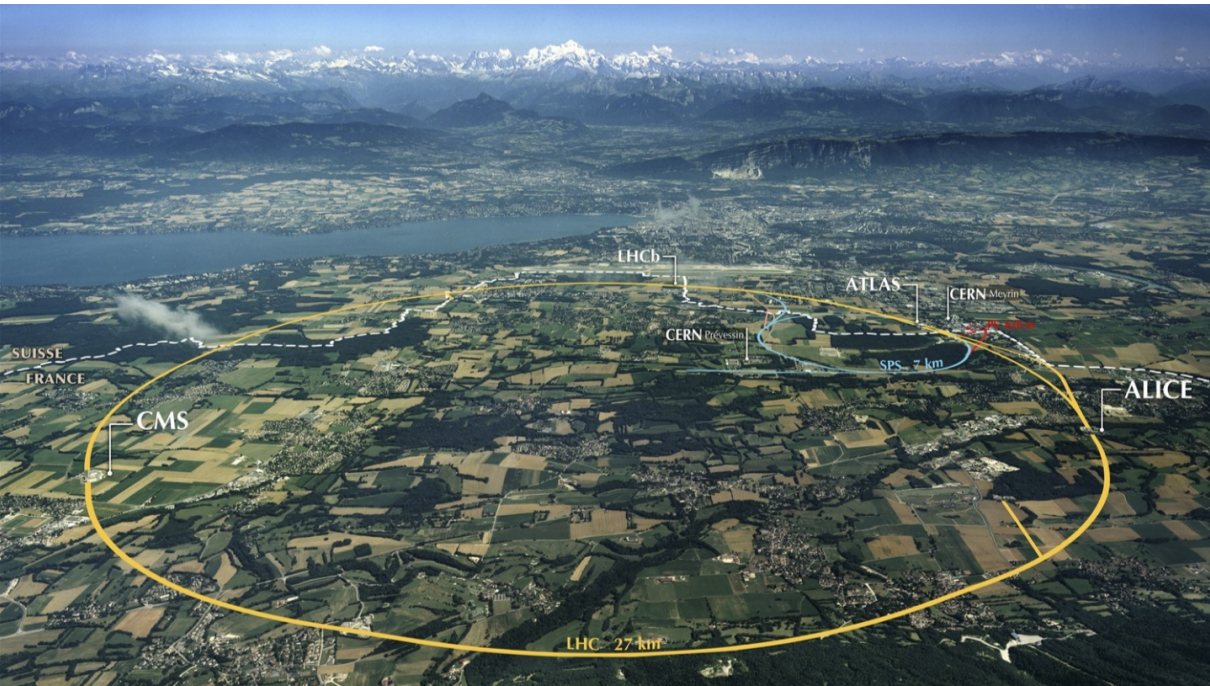


Dutch Teacher Programme 2018

De LHC Experimenten & Het Higgs boson

Sara Alderweireldt





SUISSE
FRANCE

CMS

LHCb

ATLAS

CERN Meyrin

CERN Prévessin

SPS 7 km

ALICE

LHC 27 km

ATLAS & CMS

Higgs-boson
Supersymmetrie
Donkere Materie
Exotische deeltjes

LHCb

Anti-materie

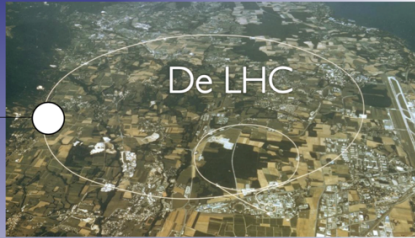
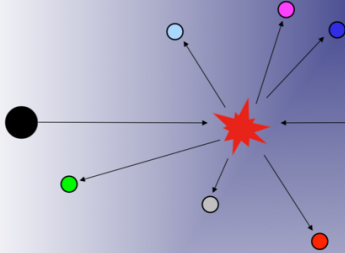
ALICE

Zware ionen

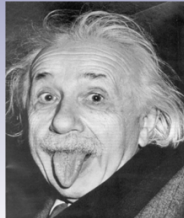
De fundamentele bouwstenen!



Hoe maak je nieuwe deeltjes?



$$E=mc^2$$

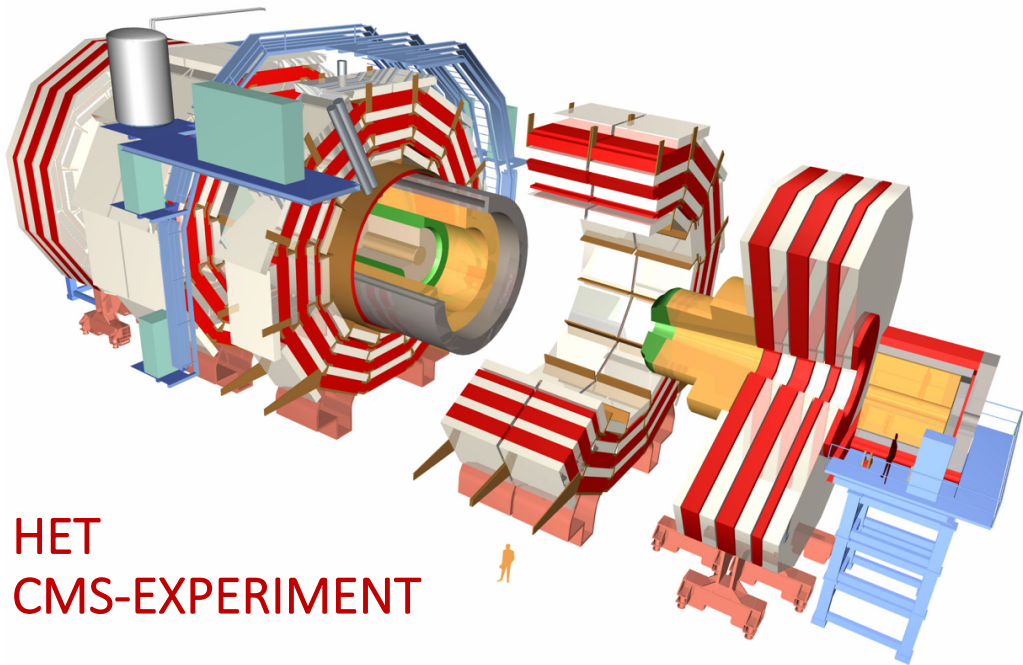


2010 - 2012: $E=8\text{ TeV}$

1 TeV = 1000 GeV

1 GeV = 1 proton-massa

Sinds 2015: $E=13\text{ TeV!}$



HET
CMS-EXPERIMENT

CMS DETECTOR

Total weight : 14,000 tonnes
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 28.7 m
Magnetic field : 3.8 T

STEEL RETURN YOKE
12,500 tonnes

SILICON TRACKERS
Pixel ($100 \times 150 \mu\text{m}$) $\sim 16\text{m}^2$ $\sim 66\text{M}$ channels
Microstrips ($80 \times 180 \mu\text{m}$) $\sim 200\text{m}^2$ $\sim 9.6\text{M}$ channels

SUPERCONDUCTING SOLENOID
Niobium titanium coil carrying $\sim 18,000\text{A}$

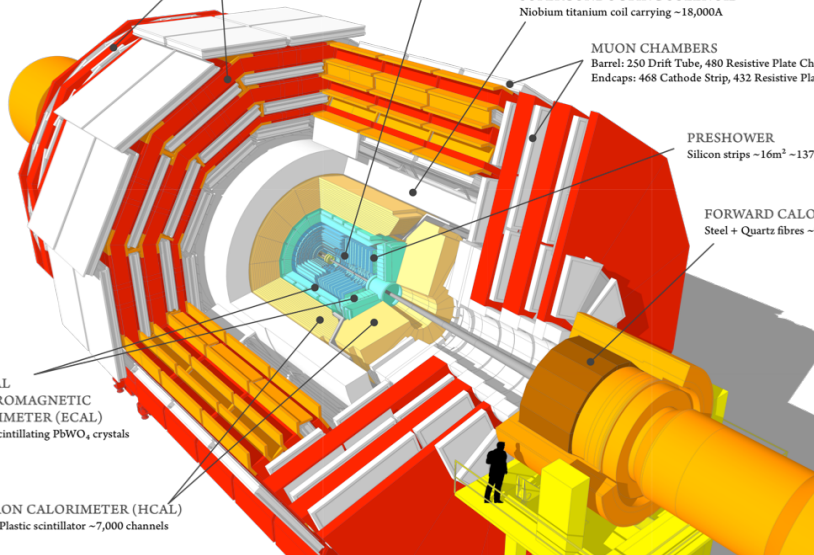
MUON CHAMBERS
Barrel: 250 Drift Tube, 480 Resistive Plate Chambers
Endcaps: 468 Cathode Strip, 432 Resistive Plate Chambers

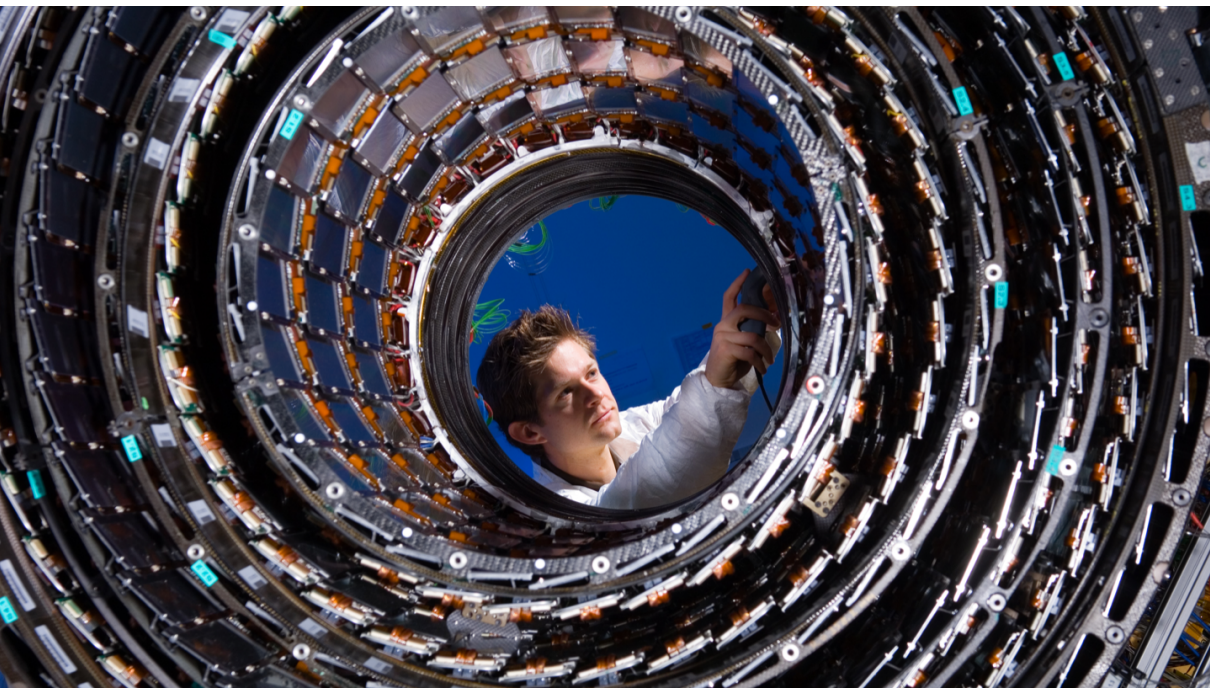
PRESHOWER
Silicon strips $\sim 16\text{m}^2$ $\sim 137,000$ channels

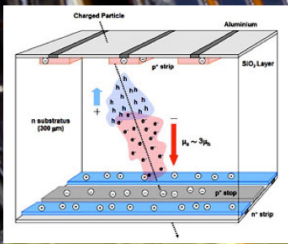
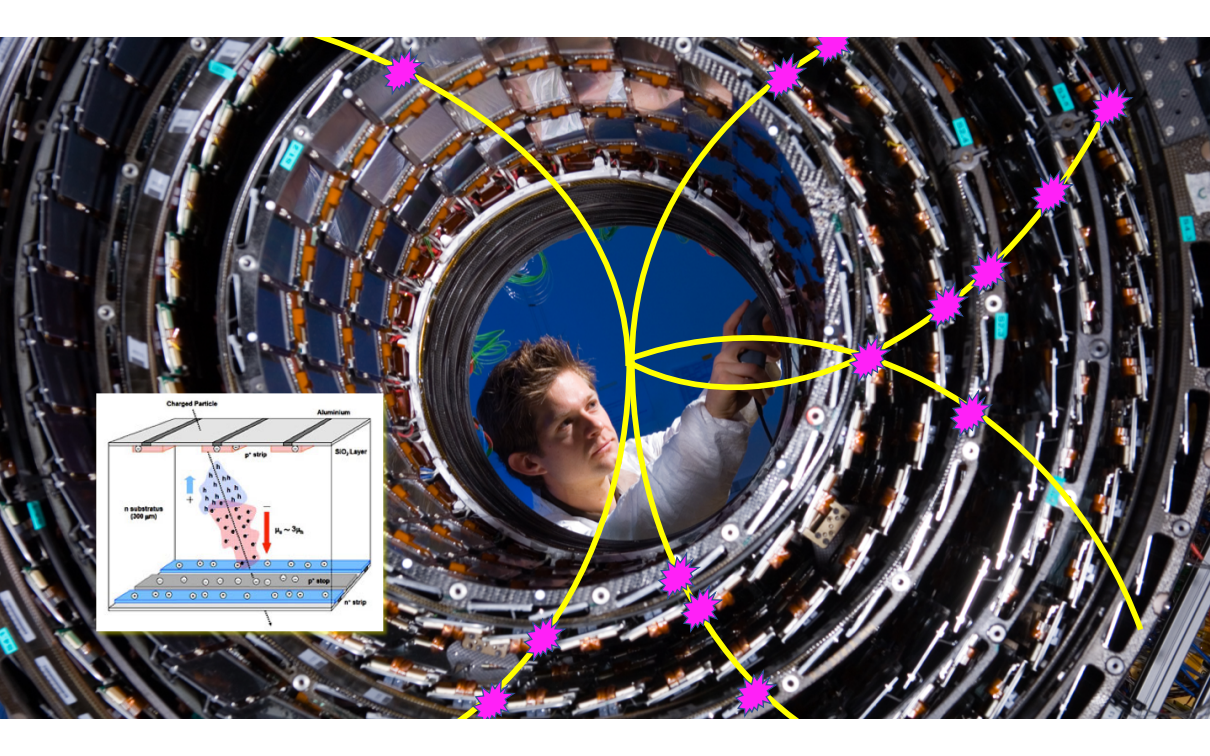
FORWARD CALORIMETER
Steel + Quartz fibres $\sim 2,000$ Channels

CRYSTAL
ELECTROMAGNETIC
CALORIMETER (ECAL)
 $\sim 76,000$ scintillating PbWO_4 crystals

HADRON CALORIMETER (HCAL)
Brass + Plastic scintillator $\sim 7,000$ channels

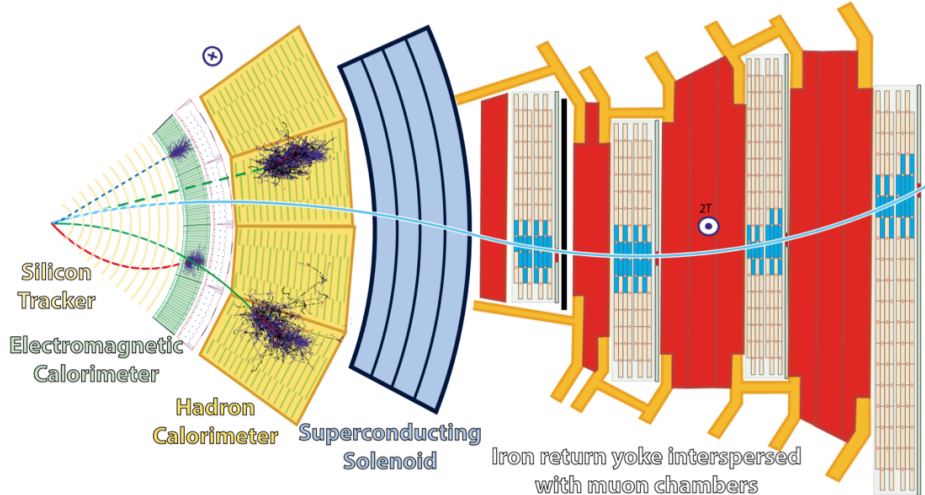






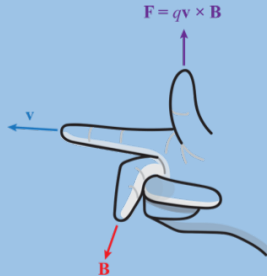
RECONSTRUCTIE

Muon
Electron
Hadrons
Photon



LORENTZKRACHT

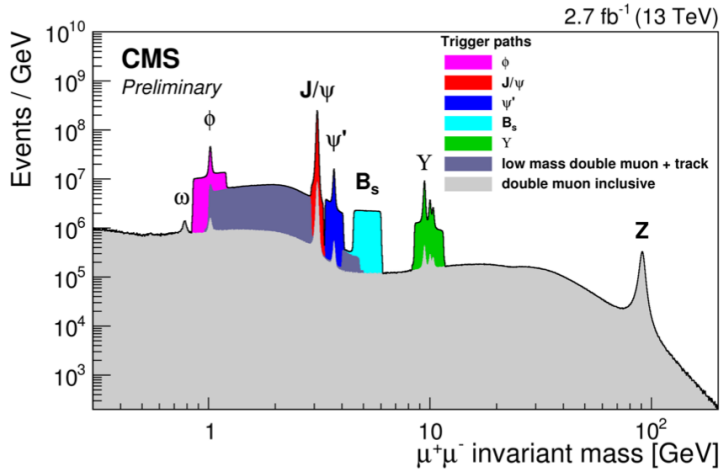
- 1) Versneller: afbuigen
- 2) Detector: reconstructie



- Ook op straat in Leiden!
➤ www.muurformules.nl



VOORBEELD: 2 MUONEN



WAT SLAAN WE OP?

Data: 1 TB per seconde!

1 miljard botsingen p/s

➤ 25 x 40.000.000 Hz

1 MB per botsing

➤ 1 iPhone foto

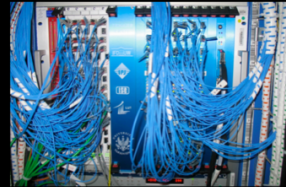
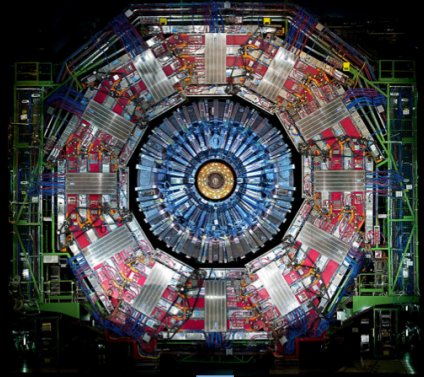
Opslag

100 per seconde

➤ De rest slaan we niet op!

Wat bewaren we?

➤ Herken een Higgsboson!





CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2012-May-27 23:35:47.271030 GMT

Run/Event: 195099 / 137440354

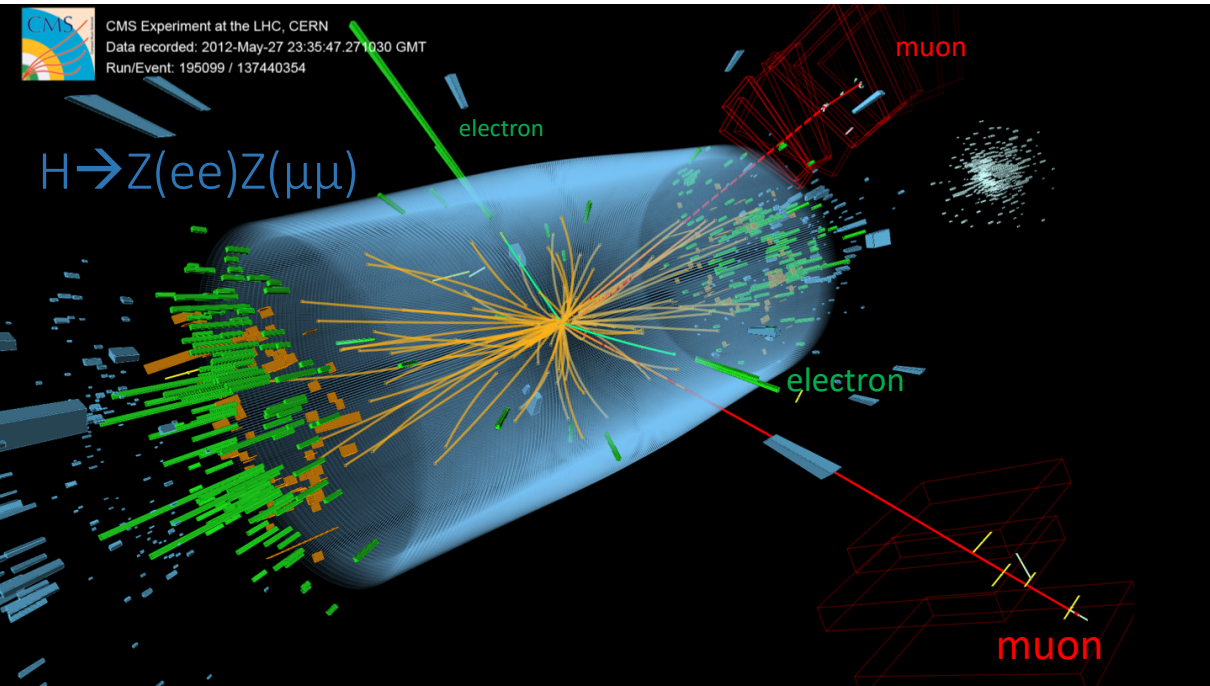
$H \rightarrow Z(ee)Z(\mu\mu)$

electron

muon

electron

muon



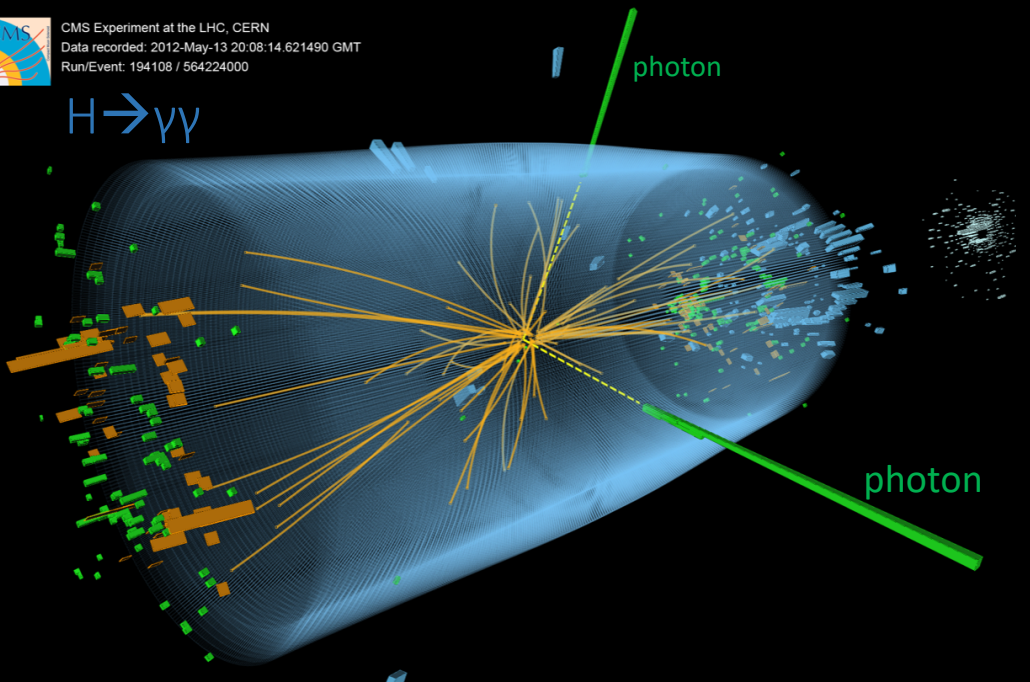


CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2012-May-13 20:08:14.621490 GMT

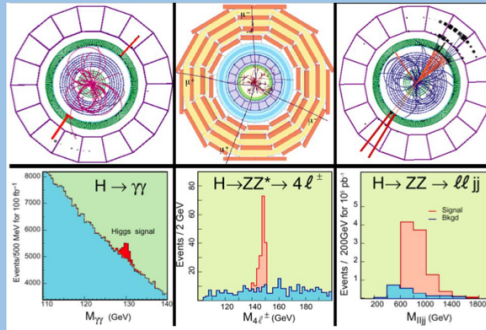
Run/Event: 194108 / 564224000

$H \rightarrow \gamma\gamma$



SIMULATIES

We zoeken een speld in een hooiberg



➤ Daarom doen we eerst veel simulaties

Amsterdam



4 July 2012

CERN



CERN



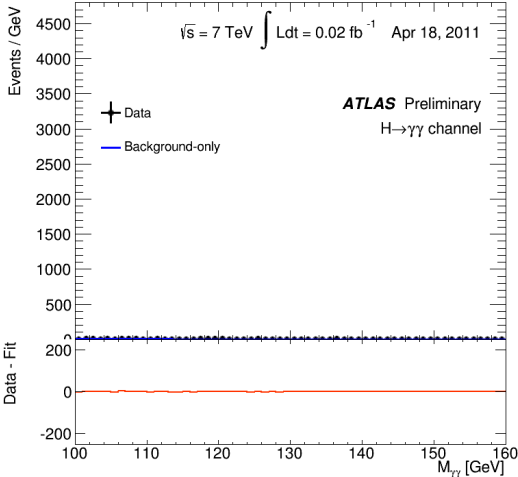
Sydney



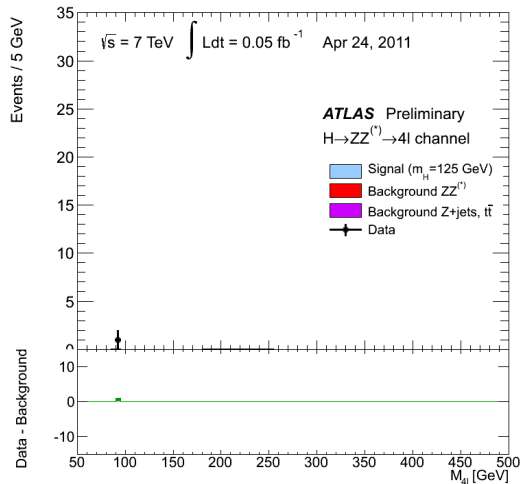
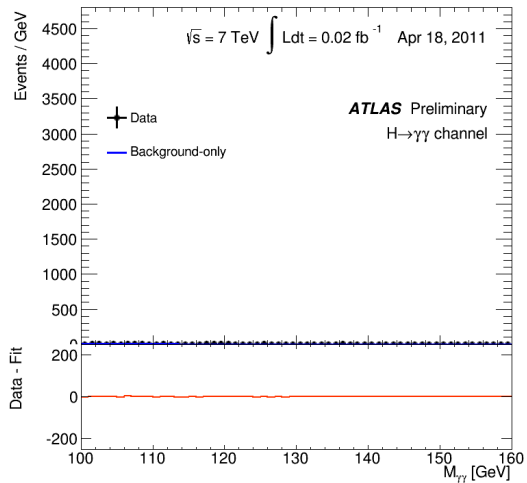
Amsterdam



BEWIJS

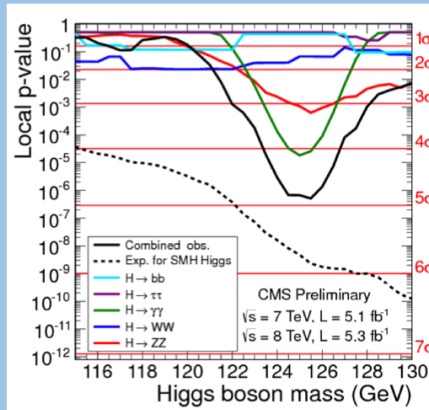


BEWIJZEN



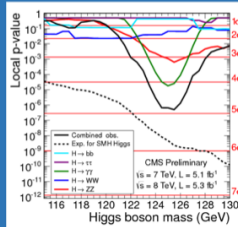
ALLE KANALEN SAMEN

Waarschijnlijkheid
↓



➤ Kans dat dit toeval is: minder dan 1 op miljoen !

BEIDE RESULTATEN



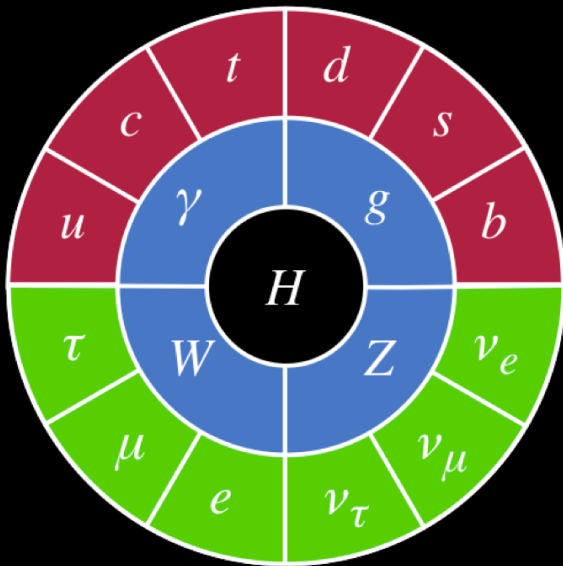
HIGGS GEVONDEN!

NOBELPRIJS 2014



➤ ONTDEKKING HALVE EEUW NA THEORETISCHE VOORSPELLING!

'T SM

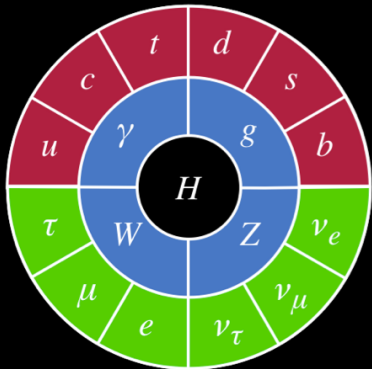


IS AF

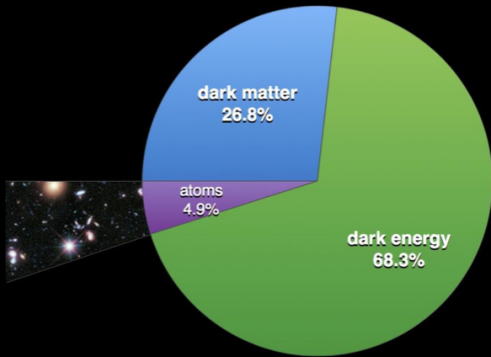
EN NU?



DARK MATTER?



Alle deeltjes die we kennen



Slechts 5% van het Universum?

Dutch Matters

BULLETIN OF THE ASTRONOMICAL INSTITUTES OF THE NETHERLANDS.		
1932 August 17	Volume VI.	No. 238.
COMMUNICATION FROM THE OBSERVATORY AT LEIDEN.		
The force exerted by the stellar system in the direction perpendicular to the galactic plane and some related problems, by <i>J. H. Oort</i> .		
<i>Notations.</i>	<i>x</i> distance from the galactic plane,	4. From VAN RIJN's tables in <i>Groningen Publications</i> No. 38 the density distribution $\Delta(x)$ has been computed for four intervals of visual absolute magnitude (Table 13 and Figure 1). Figures 2 and 3 show $\log \Delta(x)$ for A stars and yellow giants, as derived by
<i>Z</i> velocity component perpendicular to the galactic plane,		
<i>Z₀</i> the value of <i>Z</i> for <i>x</i> = 0.		

Kapteyn & Oort ('20-'30)

- Melkwegstructuur
- Sterrenkinematica

via arXiv/1605.04909

A. Bosma

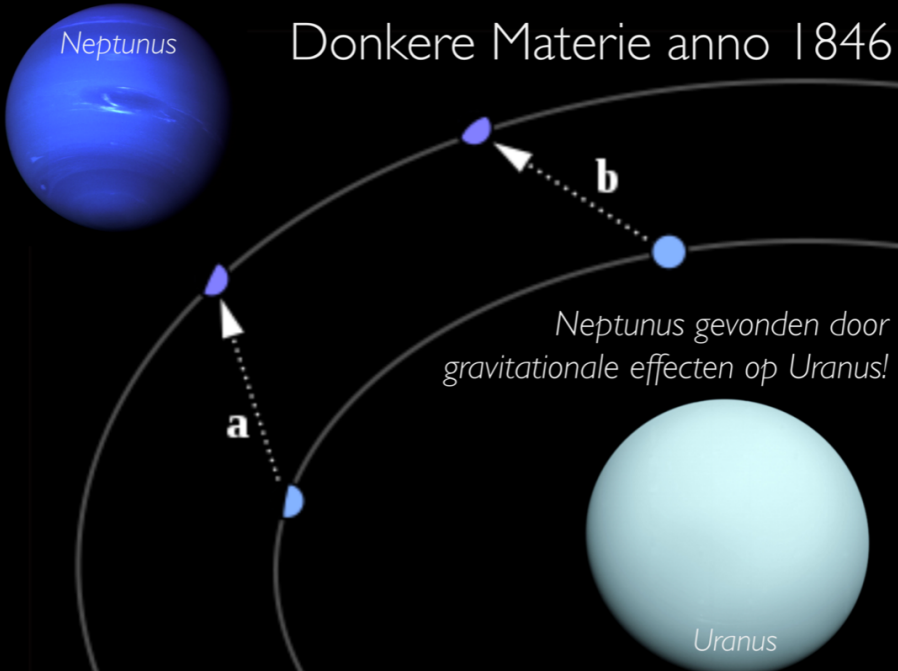
- Proefschrift (1978)
- Rotatiecurves

De waarnemingen plaatsten ons telkens weer voor verrassingen. Het ene stelsel na het andere bleek niet te voldoen aan het simpele beeld dat een spiraalstelsel bestaat uit een bulge en een schijf met daarin de spiraalstructuur als kleine verstoring. Een groot aantal stelsels blijkt grote schaal verstoringen van de cirkelvormige schijf te hebben. Sommige hebben vermoedelijk een ellipsachtige structuur in het vlak van de schijf die veel lijkt op een balk, ook als er geen balk op foto's te zien is; andere hebben waarschijnlijk een vervormde schijf die kan worden beschreven als een systeem van wiebelende fornuiseringen. Enkele stelsels zijn zelfs zo vervormd in

andere, meer door de waarneemapparatuur bepaalde, problemen die hierop van invloed zijn. Toch zijn er nog wel enkele zinvolle uitspraken te doen, zij het dat een grote mate van voorzichtigheid moet worden betracht. Het blijkt dat we geen goede schattingen van de totale massa kunnen maken: de metingen duiden erop dat er nog veel massa aanwezig moet zijn buiten de gebieden van de stelsels waaruit signaal wordt gedetecteerd. Deze massa moet bestaan uit betrekkelijk donkere materie. Voorts vinden we enige aanwijzingen dat de hoeveelheden sterren van verschillende afmetingen veranderen als de afstand tot het centrum van het stelsel verandert: er zijn wellicht relatief meer dwergsterren aan de buitenkant van een spiraalstelsel.

Neptunus

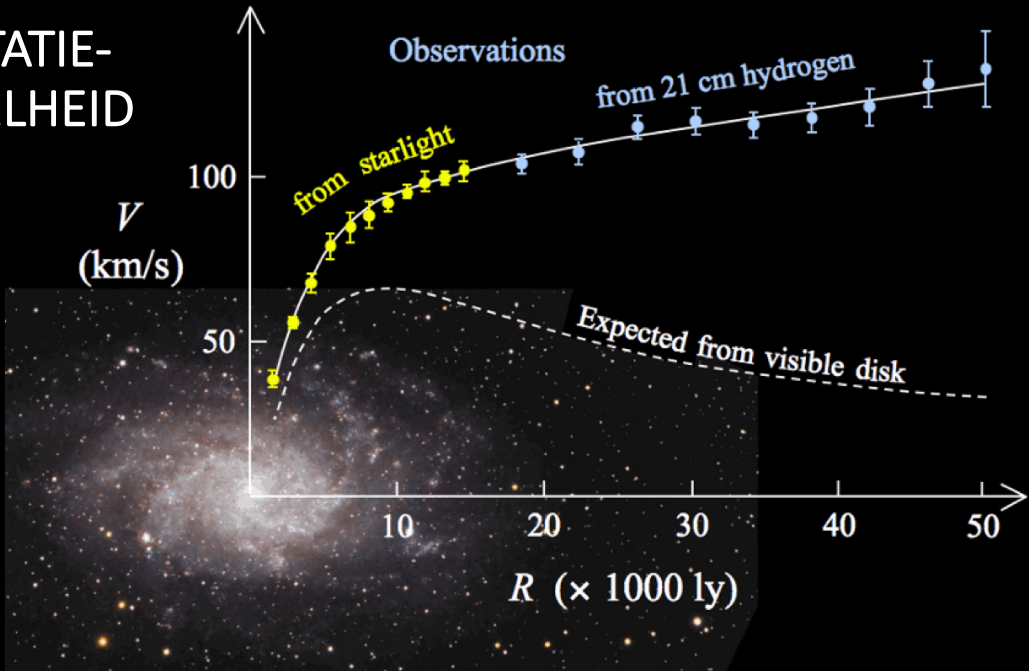
Donkere Materie anno 1846



Neptunus gevonden door
gravitationale effecten op Uranus!

Uranus

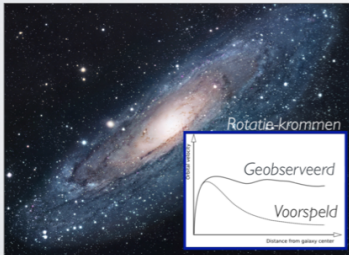
ROTATIE- SNELHEID



Zoeken met de LHC

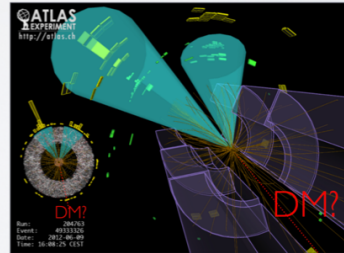
Astronomie: waarnemen in ruimte

- Donker - niet zichtbaar
- Interactie: zwaartekracht



LHC: Produceren in botsing

- Geen interactie met detector
- Energie disbalans



AMSTERDAM SCIENCE PARK

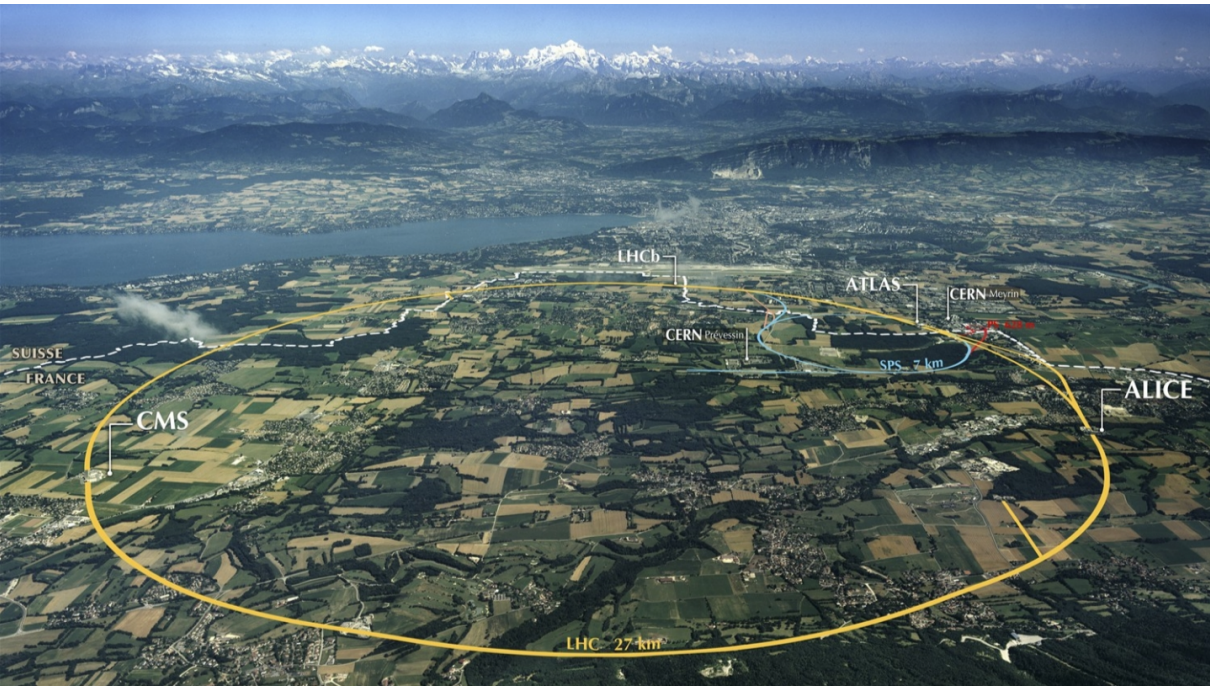
The logo for Nikhef, featuring the word "Nikhef" in a red, sans-serif font. A vertical red line runs through the center of the letters "i" and "h". From the top and bottom of this vertical line, two diagonal red lines extend outwards, forming a stylized shape that resembles a particle detector or a chemical structure.

Nikhef

NATIONAAL INSTITUUT VOOR SUBATOMAIRE FYSICA

Hoe ben ik hier terecht gekomen?

- ▶ 2010: CERN zomerstudent bij het ALICE experiment
 - software development voor detector control system (hardware!)
- ▶ 2011-2015: Master project en PhD student bij de Antwerpen groep en het CMS experiment
 - triggerstudie in de QCD groep en fenomenologieonderzoek rond partondichtheidsfuncties
 - Higgsboson onderzoek in het $H \rightarrow b\bar{b}$ vervalkanaal (experiment!)
- ▶ 2016-now: Postdoc bij de Nikhef groep en het ATLAS experiment
 - hands-on werk met trigger operations groep in de controlekamer
 - onderzoek naar multilepton signatures in de SUSY groep (dark matter deeltjes?)
 - general search in de exotics groep



SUISSE
FRANCE

CMS

LHCb

ATLAS

CERN Meyrin

CERN Prévessin

SPS 7 km

ALICE

LHC 27 km



Nik|hef

Nik|hef

Nik|hef

LHCb

ATLAS

CERN Meyrin

CERN Prévessin

SPS 7 km

ALICE

CMS

LHC 27 km

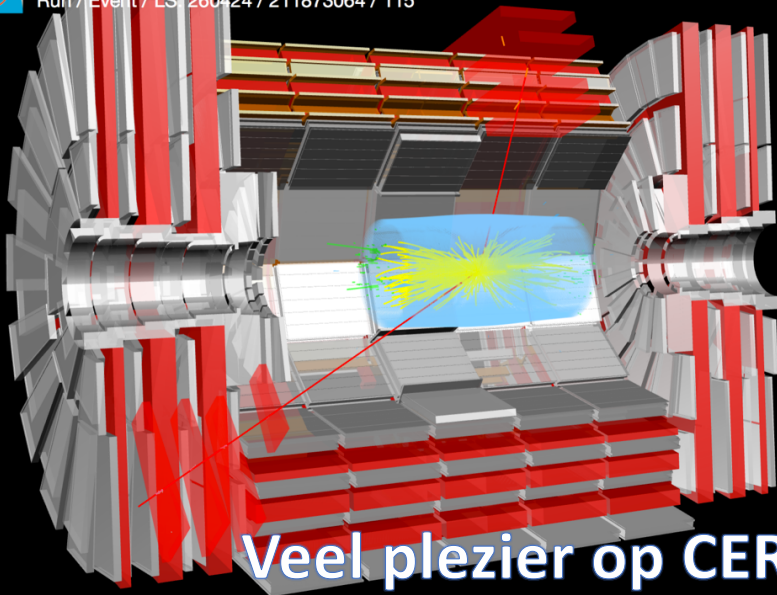
SUISSE
FRANCE



CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2015-Oct-30 19:23:54.631552 GMT

Run / Event / LS 260424 / 211873064 / 115



Veel plezier op CERN!

