Den store protonaccelerator – status for LHC

Af Michael Cramer Andersen, KVANT.

Efter næsten 10 års byggeri er CERNs nye superledende proton-accelerator Large Hadron Collider (LHC) færdigbygget og ved at blive startet op. LHC bliver menneskehedens hidtil mest komplicerede fysikeksperiment. Partikelfysikerne holder vejret indtil de første protoner er blevet sendt rundt i den 27 km lange tunnel. Derefter kan eksperimenterne begynde. I denne artikel ser vi på LHC i overblik, mens specialartikler af forskere senere på året vil give indblik i forskellige aspekter af eksperimenterne ved LHC.

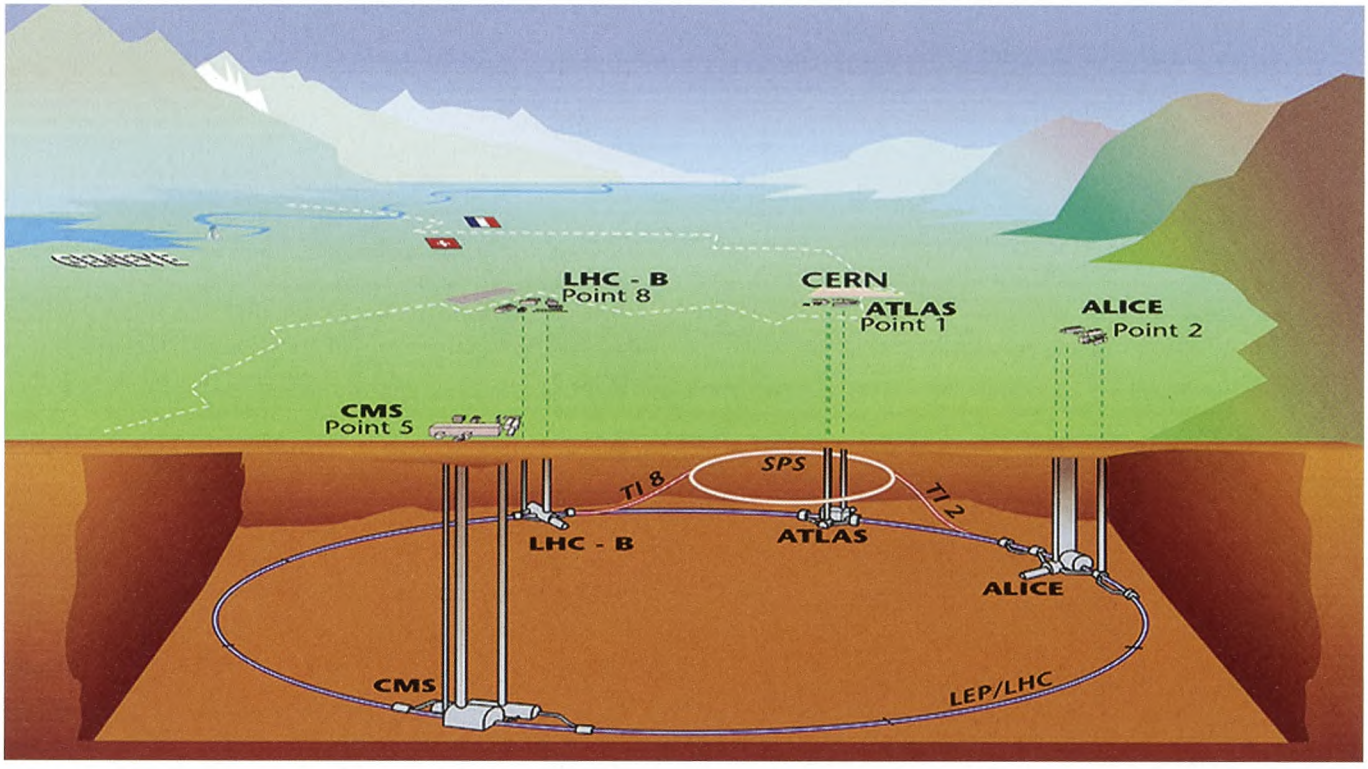
Mod højere energier

Der er nu installeret flere hundrede tusinde tons stål og elektronik – det der tilsammen udgør LHC. Kernen i acceleratoren er over 1600 sektioner med superledende magneter, der skal køles ned til 1,9 K (−271, 3° C) med flydende helium, for at skabe det meget kraftige magnetfelt (8,3 Tesla) der skal til for at afbøje protonstrålerne rundt i ringen. En skade efter et uheld med en magnet, der brød sammen under en tryktest, er repareret og de første sektioner er kølet ned og bliver nu testet.

Når alle sektionerne er kølet ned samtidig, kan man begynde at sende protoner ind i acceleratoren. Det forventes at ske omkring maj måned. Der startes med én protonstråle ved lav energi og derefter tilføjes en protonstråle i modsat retning. Efter man har prøvet at bringe protonstrålerne til at kollidere, forøges intensiteten og energien gradvist.

LHC vil operere ved en energi, der er højere end nogen tidligere partikelaccelerator. Protoner vil blive acce-lereret hver sin vej op til 99,9999991 % af lysets hastighed, svarende til en energi på 7 TeV eller 7.000 gange større end protonens energi i hvile. Protonerne bringes til at kollidere fire forskellige steder, hvor en række eksperimenter med avancerede detektorer (se figur 1 og boksen næste side) skal afsløre om der dukker ny fysik op ved højere energier.

Når LHC kører som planlagt senere på året vil omkring 2800 bundter af op imod 100 mia. protoner krydse hinanden ved de fire eksperimenter op til 30 mio. gange i sekundet. Der ventes hvert sekund omkring 100 kollisioner af interesse, der giver en datamængde på ca. 1 Gbyte, som distribueres til store computercentre. Herfra kan fysikerne hente data hjem og analysere dem via "The GRID", der er en overbygning til Internettet som kan håndtere enorme datamængder og beregninger.

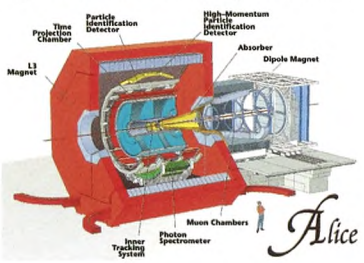


Figur 1. Oversigt over LHC-acceleratoren med eksperimenter placeret i fire skakter der går fra 50-175 meter ned under jorden.

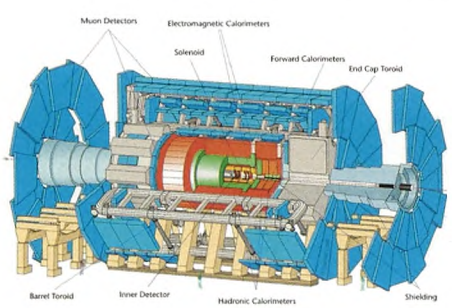
Eksperimenter ved LHC:

Efter den indledende testfase starter disse eksperimenter ved LHC (bemærk personerne):

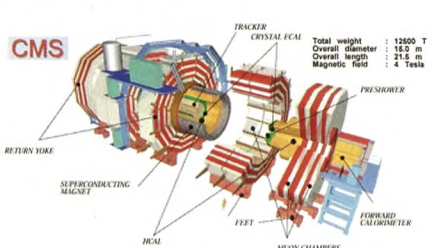
ALICE-eksperimentet (aliceinfo.cern.ch)
Skal kollidere tunge atomkerner mod hinanden med så høj energi, at der kan skabes et kvark-gluon plasma. ALICE er udviklet i et samarbejde med over 1000 forskere fra 30 lande. ALICE står for "A Large Ion Collider Experiment".



ATLAS-detektoren (www.atlasexperiment.org)
Skal udforske mange fænomener – lige fra Higgs-partiklen til supersymmetriske partikler og ekstra dimensioner. Detektoren er 46 m lang og 25 m høj og dermed den største bygget nogensinde. Der er over 1900 deltagende forskere fra 35 lande.



CMS-detektoren (cms.cern.ch)
Er designet til mange formål og den vil konkurrere med ATLAS om at gøre opdagelser. CMS har andre tekniske løsninger, bl.a. en stor superledende solenoide (elektromagnet med ensartet magnetfelt). Der deltager over 2300 forskere fra 38 lande. CMS står for "The Compact Muon Solenoid".



LHCb-eksperimentet (lhcb-public.web.cern.ch)
Skal undersøge b-kvarker. Samarbejdet omkring LHCb tæller over 700 forskere fra 14 lande.

Samt to små eksperimenter: **LHCf** og **TOTEM**.

Kvarker og gluoner

ALICE-eksperimentet skal skabe plasma af kvarker og gluoner. Dette svarer til forholdene i Universet omkring et mikrosekund efter Big Bang. Eksperimentet skal give mere viden om hvorfor kvarkerne kun er stabile i bundne systemer som protoner og neutroner og hvorfor de samtidig vejer mere, når de indgår i disse partikler, end når de bevæger sig "frit" i et kvark-gluon plasma.

Symmetrien mellem stof og antistof

LHCb-eksperimentet, der skal undersøge om b-kvarker ('b' står for beauty), kan fortælle noget om hvorfor og hvordan symmetrien mellem stof og antistof blev brudt i det tidlige Univers. I dag er alt kun opbygget af stof.

Higgs-partiklen

ATLAS vil prøve at påvise Higgs-partiklen – den sidste og afgørende brik i partikelfysikkens Standardmodel. Den giver i teorien alle andre partikler deres forskellige masser. Mekanismen der er forbundet med Higgs-partiklen vil også fortælle om nogle egenskaber ved vakuum, der vil kunne kaste lys over den mørke energi, som dominerer i Universet. Man forventer først at få brugbare resultater fra dette eksperiment efter 1-3 år.

Supersymmetri og mørkt stof

På trods af Standardmodellens enorme succes er der behov for at udvide den både af matematiske grunde og fordi man ellers har svært ved at forklare det mørke stof, der observere i galakser, hvor det udgør omkring 6 gange så meget som almindeligt stof (atomer).

ATLAS-eksperimentet skal sammen med CMS og LHCb afsløre om de kendte partikler (fermioner og bosoner) har supersymmetriske partnere og hvilken rolle en sådan supersymmetri har i en forenet teori. En af de førende kandidater er "neutralinoen" – den letteste og mest stabile superpartner og derfor en god kandidat til det mørke stof.

Ekstra dimensioner

ATLAS- og CMS-eksperimenterne skal lede efter eventuelle ekstra rumlige dimensioner, der er en forudsætning for f.eks. strengteorien. Eksperimenterne vil søge at svare på hvor mange ekstra dimensioner der er, hvor store de er og hvordan de er skjult? Hvilke nye partikler vil blive dannet og hvordan bevæger de sig gennem de ekstra dimensioner? LHC vil kunne detektere ekstra dimensioner der er 10 mio. gange mindre end et atom (10^{-17} m). Nogle teoretikere mener, at LHC måske vil producere mikroskopiske sorte huller.

Afslutning

Alle disse fænomener, der er forudsagt af teorierne, bryder med kendt fysik og vil forblive spekulationer indtil de måske påvises ved LHC eller dens afløser?

Litteratur

[1] Graham P. Collins (2008), The Discovering Machine, *Scientific American* Feb. 2008, s. 31-37.

[2] LHC-projektet ved CERN, http://lhc.web.cern.ch/lhc/

[3] Guide til LHC (60 sider), http://visits.web.cern.ch/-visits/guides/tools/manual/english/LHC_booklet-2.pdf