



Door: F.Horsten & F.Smit

De Lastechische Discussiegroep Rotterdam is de grootste lasgroep van Nederland en nog steeds groeiende. Door o.a. het enthousiasme van de leden wordt het LDR-bestuur elke keer weer uitgedaagd om een attractief programma op te stellen dat voor elk wat wils brengt en technisch interessant is. Na wat lobby werk en een gedegen voorbereiding lukte het om een excursie naar CERN (deeltjesversneller) te Geneve te organiseren.

Met een select gezelschap van 29 man verzamelden we op Airport Brussel alwaar we om 06:30 de vlucht naar Geneve zouden nemen. Op dit vroeg uur, voor de meeste betekende het een vertrektijd tussen 02:00 en 03:00 op de dinsdagmorgen, was iedereen op tijd en konden we zonder vertraging inchecken en vertrekken.

De vlucht was goed en om 08:30 pakten we de bus naar ons hotel waar we incheckten en meteen onze reis vervolgden naar het CERN-complex. Na aanmelding bij de receptie op het hoofdkantoor zijn we meteen de weg overgestoken naar "The Globe" waar een oude maar zeer bevlogen en enthousiaste gids ons van alles vertelden over de opzet van CERN, de colliders, het principe, anti-materie etc.

Na deze periode van hoge informatie dichtheid voegden we ons bij ons contactpersoon, Marc Bosman, die die excursie met ons heeft georganiseerd. Gezamenlijk zijn we gaan lunchen waarbij Bart een methode had bedacht om als groep af te rekenen maar door de grote van de kantine, de georganiseerde chaos die er daar heerste, kwam er niet zo veel van terecht. Maar uiteindelijk is het allemaal geregeld. De lunch was erg goed en met gevulde maag konden we het programma vervolgen. Dit programma bracht ons in 2 dagen langs vele onderdelen van CERN en de rondleidingen werden altijd begeleid door een kundig persoon van CERN. Ook diverse presentaties hebben we mogen aanschouwen. Al met al was het prima geregeld. Wat hebben we daar opgestoken?

## Erst een beetje natuurkunde

De huidige wetenschap gaat uit van:

- Alle materie bestaat uit moleculen. Hoeveel verschillende moleculen er zijn weet geen mens.
- Een molecuul bestaat uit een af meer verschillende atomen. Het kunnen zeer gecompliceerde combinaties zijn.
- Een atoom is van ieder scheikundig element de kleinste nog als zodanig herkenbare bouwsteen. Alle bekende elementen zijn geordend in het periodiek systeem.
- Een atoom bestaat uit een uiterst kleine, positief geladen atoomkern, die is opgebouwd uit protonen (het proton is positief geladen) en neutronen (neutraal geladen) met daaromheen een wolk van negatief geladen elektronen. De massa van een proton is ietsje kleiner dan de massa van een neutron en 1836 keer de massa van een elektron. Het kleinste atoom is waterstof: kern van één proton met daaromheen één elektron.
- **Een proton bestaat uit..... Dat willen de wetenschappers graag weten.**
- **En daar willen zij achter komen door een proton stuk te slaan. Dat gebeurt door het met hoge snelheid te laten botsen tegen een ander proton en dan te bestuderen welke brokstukken er ontstaan. Het kan ook zijn dat sommige brokstukken samen weer een nieuw deeltje gaan vormen.**  
**Omdat een proton een elektrische lading heeft kan men hem in een elektrisch veld snelheid geven en met een magnetisch veld de richting controleren. Dat gebeurt dus in de "deeltjesversneller" van CERN.**

- **LET WEL: bovenstaande is theorie. Niemand heeft een proton gezien of gevoeld. Maar op basis van de aannames kan men voorspellen wat in een bepaalde situatie zal gaan gebeuren. Als dat ook werkelijk geschiedt is de theorie goed en bouwt men het onderzoek verder uit. Als de voorspelling niet uitkomt is de theorie dus fout en wordt bedacht hoe die moet worden aangepast, om vervolgens weer een experiment op te zetten, enz.**



<http://home.web.cern.ch/>

**CERN** is een van de grootste en meest gerespecteerde centra voor wetenschappelijk onderzoek in de wereld. Hier doen wetenschappers onderzoek naar de elementaire bouwstenen van de materie en naar de krachten die hen bij elkaar houden.

CERN is in 1954 opgericht als een Europees project waaraan thans 20 landen jaarlijks ongeveer 1 miljard euro bijdragen (Nederland doet mee voor 30 miljoen).

Er werken 10.100 wetenschappers uit 110 landen en nog ruim 1000 studenten en promovendi.

Daarnaast nog zo'n 4500 ondersteunend personeel.

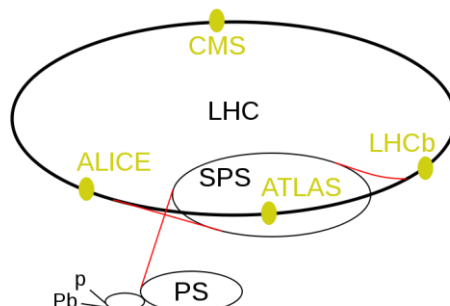
Het terrein van CERN is zo groot als een industrieterrein van een middelgrote stad en ziet er ook zo uit. Een groot aantal sobere gebouwen met werkplaatsen en laboratoria op velerlei gebied: vacuümtechniek, elektrotechniek, metallurgie, supergeleiding, koeltechniek, etc. En natuurlijk kantoren, computercentrum, controlekamers, etc. Er is een groot personeelsrestaurant (waar wij twee keer de lunch gebruikten), een hotel en een bezoekerscentrum.

In de loop der jaren zijn er 6 deeltjesversnellers gebouwd, waarvan de laatste, de LHC, in 2008 in gebruik is genomen. Hij heeft een omtrek van 27 km en ligt tussen de 50 en 100 meter onder de grond, voor een groot deel in Frankrijk.

Heel bijzonder is de bedrijfsfilosofie: alles wat (uit)gevonden wordt is openbaar en toegankelijk voor wetenschappers van de hele wereld (dus geen fabrieksgeheimen) en de uitvindingen die gedaan worden, worden niet gepatenteerd. Je proeft er dan ook een open klimaat, wetenschappers werken vanuit de overtuiging dat samenwerken en anderen erbij betrekken vruchtbaarder is dan een geheim voor jezelf houden.

## De grootste deeltjesversneller ter wereld: The Large Hadron Collider (LHC)

Het hart van de versneller bestaat uit twee parallelle buizen (diameter plm 10 cm, lengte 27 km) waarin protonenbundels vliegen, in de ene buis linksom, in de andere rechtsom. Op 4 plaatsen is er een snijpunt waardoor op die plek de kans op een frontale botsing ontstaat. De protonen zijn dan versneld tot 99,999996 % van de lichtsnelheid. Uit die botsing proberen wetenschappers allerlei informatie te halen door middel van verschillende soorten detectoren die om de buis aangebracht zijn (Atlas, Alice, CMS, LHCb). Die detectoren zijn enorm omvangrijk, bv. Atlas is 45 meter lang en 25 meter hoog, en weegt 7000 ton. De buizen zijn uiteraard vacuüm en alle magneten hebben supergeleidende stroomwikkelingen die met vloeibaar Helium gekoeld worden tot bijna 1 Kelvin (= - 272° Celsius)



Het belangrijkste deeltje dat men tot nu toe heeft aangetoond is het Higgs-deeltje. Dit boson geeft de verklaring voor de massa van deeltjes en vormt het fundament van het standaardmodel van de deeltjesfysica.

Welke andere resultaten de LHC zal opleveren, valt moeilijk te voorspellen. Mogelijk leidt de LHC tot (nu nog onverwachte) ontdekkingen, met name met betrekking tot de werking van de zwaartekracht en het bestaan van mogelijke onzichtbare dimensies..

De technologische eisen aan de nauwkeurigheid en de veiligheid van de apparatuur tijdens de experimenten zijn zeer hoog: de supergeleidende magneten bevatten als ze in werking zijn een grote hoeveelheid energie (10 gigajoule bij een magneetveld van 6,33 Tesla), evenals de bundel van de versnelde deeltjes (725 megajoule) - een enkel versneld proton zou een kinetische energie hebben vergelijkbaar met die van een vliegende mug, wat voor een sub-atomair deeltje haast onvoorstelbaar is. De energie die vrijkomt bij het verlies van een tienmiljoenste van de energie van de bundel is voldoende om een magneet uit het supergeleidende temperatuurtraject te tillen waardoor de in de magneet opgeslagen energie explosief zou worden omgezet in warmte. De kolossale, tonnenzware magneten worden dan ook met een precisie van om en nabij een millimeter geplaatst.

De Large Hadron Collider functioneert sinds 2010 optimaal. Via een zeer snel netwerk worden de 25 peta bits (peta =  $10^{15}$ ) aan data die de detectors iedere dag genereren, gedistribueerd naar de diverse researchgroepen verspreid over de wereld. De verwachte operatietijd van de LHC wordt geschat op 20 jaar maar er zullen in die tijd ook periodieke 'upgrades' plaatsvinden.

## Ons bezoek

Het zal duidelijk zijn dat onze excursie niet alle gebouwen en afdelingen kon bezoeken.

Op dinsdag kwamen we om 10:00 uur aan bij CERN en gingen eerst naar het informatiegebouw "The Globe". Daar krijg je een overzicht van wat CERN is en doet. Wat zijn we, waar komen onze bouwstenen vandaan, hoe ging het bij het ontstaan van het heelal?

Het aangetoonde Higgs deeltje: waren vlak na de "Big Bang" alle deeltjes massaloos en hadden ze de lichtsnelheid?

Einstein:  $E = m c^2$ . Massa wordt nu gedefinieerd als weerstand tegen versnelling.

In bolvormige vitrines worden siliciumdetectoren, kristal detectoren, Tile calorimeters getoond, die in de grote detectoren zijn verwerkt. De leek gaat er wel van duizelen.

In de middag gaan we naar een werkplaats waar de segmenten voor de LHC worden gebouwd en gerepareerd. De twee protonenbuizen worden omringd door magneten en leidingen voor de koeling. Zo ontstaat een ronde cilinder, ongeveer 12 meter lang, diameter ongeveer 1 meter. Aan elkaar gekoppeld vormen die een ring van 27 km.

CERN heeft voor de magneten een speciale kabel ontwikkeld: haardunne supergeleidende metaaldraden die via een speciale wikkeltechniek tot platte linten worden gevormd. Die linten worden in langwerpige lussen tot spoelen gemaakt. Bij koeling tot 2 Kelvin wordt de elektrische weerstand nul zodat er ook bij zeer hoge ampèrages geen warmteontwikkeling ontstaat. En die hoge ampères zijn nodig voor een krachtig magneetveld.

We werden ook uitgenodigd in de ontwerpafdeling waar nieuwe onderdelen en onderdeeljes worden bedacht.

In een andere werkplaats zagen we voorbeelden van heel speciale lasresultaten en een fantastische frees-boor-draai computer. Voor de maatvoering is op dit niveau de rolmaat uit de gratie. Een schuifmaat met een nauwkeurigheid van 0,01 mm is al gewoon. De absolute top is een instrument dat met een nauwkeurigheid van 0,3 micron kan meten. De trotse gids vertelde dat daar op de hele wereld maar enkele exemplaren van bestaan.

In de avond zijn we gezamenlijk gaan eten bij een goede Italiaan in het centrum van Geneve. Hier bleek wat een indruk CERN op de LDR-leden had gemaakt. Want waar het normaliter gaat over lasprocessen, gloeibehandelingen of lasfouten werd er nu gesproken over Higgsdeeltjes, anti-materie

en quarks alsof het de gewoonste zaak van de wereld was. Een gezellig samenzijn was dit zeker waarvan er wat mij betreft nog vele mogen komen bij de LDR.

Op woensdag waren we om 9:00 uur present in het auditorium waar Erik Bracke een lezing van 1 uur gaf.

Het ging over het ontstaan van CERN (in 1948 werden een aantal mensen in Europa nerveus omdat fysici vanuit Europa massaal naar Amerika vertrokken). Het idee om tot een Europees wetenschappelijk centrum te komen resulteerde in 1954 tot de stichting van CERN. Begonnen met een lineaire versneller werden gaandeweg meer versnellers bijgebouwd: nog sneller, nog krachtiger nog nauwkeuriger. Het kost wel een hoop geld, maar er is veel spin-off omdat veel ontwikkeling en productie van onderdelen geschiedt in uitwisseling met industrieën waardoor de know how groeit<sup>1</sup>. Een voorbeeld van spin-off is het World Wide Web (www): in 1989 uitgevonden door Tim Berners-Lee, samen met Robert Cailliau, toen hij consultant software engineer was bij CERN. Hij beseftte dat er voor de LHC zoveel data te verwerken zouden zijn dat hun computercapaciteit daar nooit aan kan voldoen en bedacht een systeem om computers over de hele wereld aan elkaar te koppelen. De uitvinding is, vanuit de basisfilosofie van CERN, gratis aan de mensheid ter beschikking gesteld.

De lezing ging ook in op de elementaire beginselen van de deeltjesfysica, het Standaardmodel dat alle krachten verklaart behalve de zwaartekracht. Daarom is de Higgstheorie zo belangrijk. Er wordt antwoord gezocht op de vraag: "in welke toestand verkeerde de materie direct na de Big Bang?" En de wetenschap beseft dat wij op dit moment slechts 5% van de materie in het heelal kennen. Er moeten nog vele geheimen sluieren.

Erik Bracke gaf ook een korte toelichting op de LHC. Met name dat er twee protonenbundels zijn die elk in een eigen eenrichtingsverkeer-tunnel vliegen, maar op 4 plaatsen elkaar kruisen waardoor op die punten frontale botsingen kunnen ontstaan, verhelderde het inzicht van de toehoorders.

Vervolgens ging de LDR op bezoek in het computercentrum waar een enorm aantal machines staan. De capaciteit is te klein, uitbreiding is niet mogelijk omdat de electriciteitslevering aan het maximum zit. Het Computing Grid is daarop het antwoord: wereldwijd werken wetenschappers aan hun onderzoek en communiceren met hun computers met de CERN-computer. Met dank aan Tim Berners-Lee.

Wij gingen ook kijken naar de LINAC 2, een lineaire versneller van de begintijd, die nu de protonen de eerste duwtjes geeft om op snelheid te komen. Vanuit de LINAC schieten de protonen achtereenvolgens naar de PS, een kleine cirkelvormige versneller, van daaruit naar de SPS, een grotere cirkelvormige versneller om met nog hogere snelheid aan het avontuur in de LHC te beginnen. De LINAC staat gewoon in een fabriekshal, boven de grond, evenals de PS. De SPS en de LHC liggen onder de grond. Je kunt niet zien wat er in het inwendige van de machine gebeurt, maar daarvoor zijn schaalmodellen aanwezig om dat uit te leggen. Aan de buitenkant een helboel draden, pijpen, nippels etc.

Daarna, in een andere hal, bewonderden we de LEIR, een versneller die met loodionen werkt. De LEIR is anders van vorm: rechthoekig met in het midden van de rechte stukken meetopstellingen en versnellers. Vanuit LEIR kunnen de ionen ook naar de LHC worden gestuurd. De LEIR werkt slechts een maand per jaar, in november.

De excursie werd afgesloten met een bezoek aan het bezoekerscentrum in het receptiegebouw. Ook hier expositie en uitleg, en een zeer instructieve film.

---

<sup>1</sup> *Er is een Industrial Liaison Officer (ILO) van Nederland voor CERN die twee hoofdtaken heeft:*

- *Het in balans houden van de uitgaven die Nederland als lidstaat doet voor de contributie aan CERN, door aankopen die CERN doet in Nederland.*
- *Het overdragen van technische kennis van CERN naar lidstaat Nederland.*

Om 15:00 uur verlieten we CERN na een gloedvolle dankmanifestatie aan onze contactpersoon Marc Bosman.

Vanaf CERN vertrokken we naar het vliegveld van Geneve en daar hadden we om 17:00 de vlucht naar Brussel. In het vliegtuig werd er door de een nog wat nagepraat en door de ander even genoten van de rust. Aangekomen op Brussel namen we afscheid van elkaar. Want ondanks de slechts 2 dagen dat je met elkaar op pad bent, leek het wel een week en schept zeker een band. En volgens iedereen was het een indrukwekkende ervaring die iets meer inzicht gaf in het onderzoek naar de bouwstenen van de materie en vooral ook de ontwikkeling van fabelachtige technieken om zeer gecompliceerde machines te kunnen maken. Het was weer een mooie trip met de LDR!

