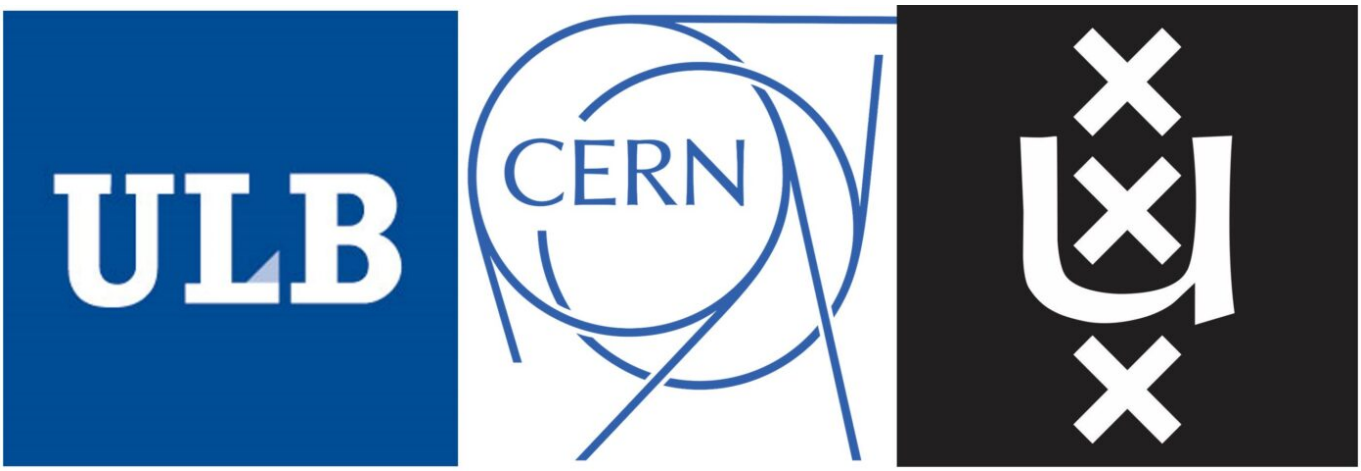
# Reisverslag van een PhD-student

**“Theoretisch natuurkundige” – het klinkt heel mooi, maar hoe word je het, en wat doet zo iemand nu precies? QU-redacteur Pim van den Heuvel ronde recent zijn studie theoretische natuurkunde af, en is nu promovendus – PhD-student, dus. Veel PhD-studenten in zijn richting beginnen hun vierjarige opleiding tot onderzoeker met een negen weken durend collegeprogramma, de Solvay School. Pim doet verslag van zijn ervaringen.**




**Afbeelding 1. De drie locaties.** De drie logo’s van de onderzoeksinstituten waarin de Solvay School dit jaar plaatsvindt. Van links naar rechts: de Université libre de Bruxelles, CERN en de Universiteit van Amsterdam.

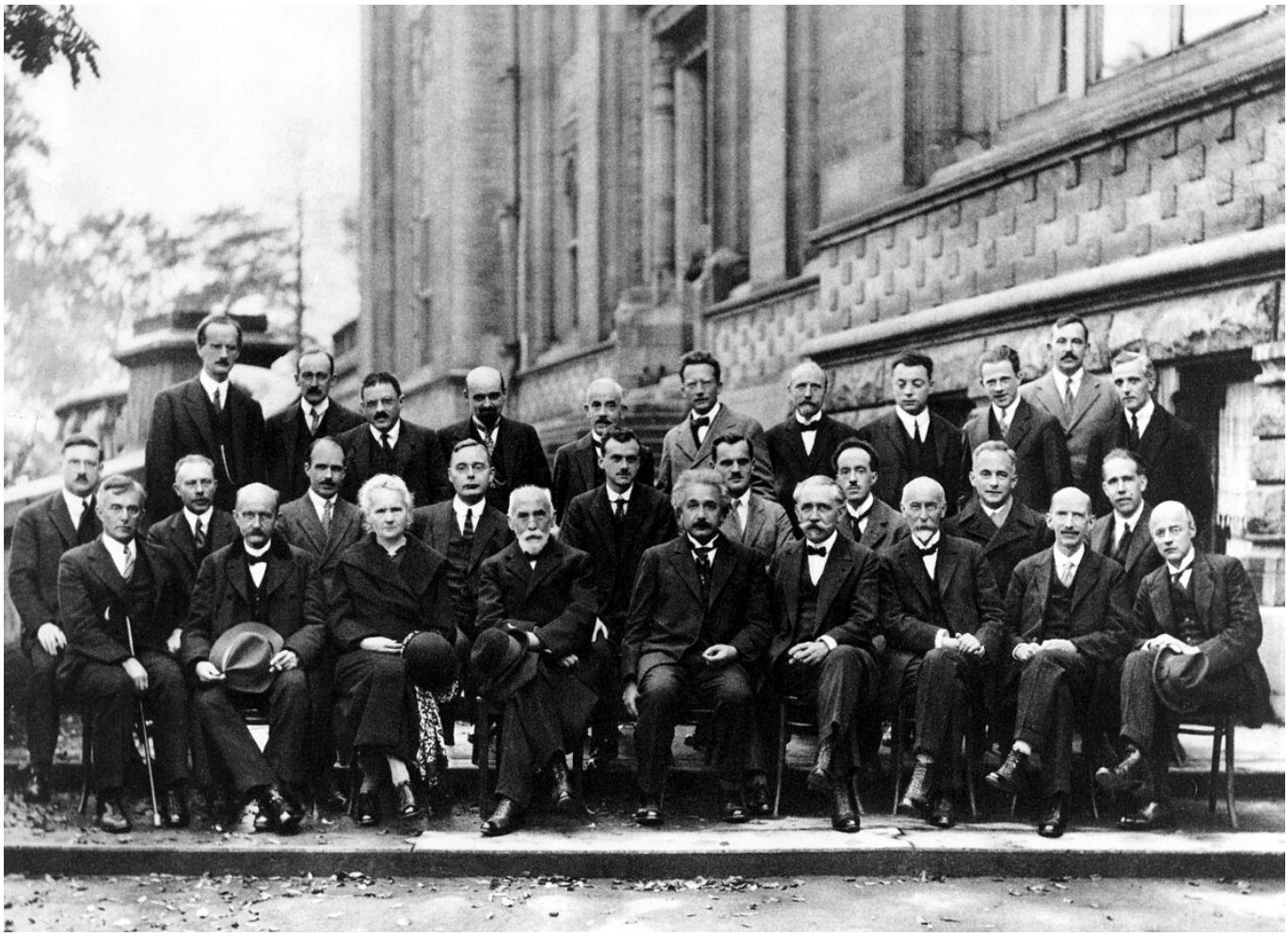
Sinds kort ben ik promovendus, of om de internationale term te gebruiken, PhD-student, in de snaartheoriegroep van de Universiteit van Amsterdam. Eerstejaars PhD-studenten in dergelijke groepen aan de universiteiten van Amsterdam, Brussel, Genève en Parijs beginnen hun loopbaan met een negen weken durende ‘school’ – een serie colleges waarin je allerlei aspecten van het vak leert. Deze school heet de *Amsterdam-Brussels-Geneva-Paris Doctoral School on “Quantum Field Theory, Strings and Gravity”*, of kortweg de Solvay School, vernoemd naar het Internationale Solvay Instituut voor Natuur- en Scheikunde, dat de school jaarlijks organiseert. Omdat een aantal QU-lezers misschien wel nieuwsgierig is naar het leven van een beginnende PhD-student, deel ik hier mijn ervaringen tijdens deze school, die op het moment van schrijven in volle gang is.

De Solvay School is opgedeeld in drie stukken van drie weken, en elk van die drie stukken vindt plaats in de stad van een van de deelnemende universiteiten. Welke drie van de vier universiteiten dat zijn, is elk jaar anders. Dit jaar begon de Solvay School in Brussel, bij de *Université libre de Bruxelles,* met daarop volgend Genève, waar de colleges plaatsvinden bij het bekende onderzoeksinstituut CERN, verantwoordelijk voor onder andere de grootste deeltjesversneller ter wereld, de Large Hadron Collider (LHC). De school eindigt in Amsterdam, mijn thuisstad. Tussen elke twee delen van de school zit een week waarin deelnemers terugkeren naar huis. Momenteel vindt het tweede deel van de school plaats, wat betekent dat ik deze tekst aan het typen ben op mijn hotelkamer van het CERN-hostel, waar gasten van het onderzoeksinstituut worden gehuisvest.

Tijdens de school wordt ons de kennis bijgebracht die ten grondslag ligt aan de grootste deelgebieden van ons onderzoeksgebied. De bindende factor is dat het allemaal onderwerpen zijn die van belang zijn om modern onderzoek naar een quantumbeschrijving van zwaartekracht te begrijpen. Het idee is dan ook dat de deelnemers na afloop een brede kennis van het vakgebied hebben, zodat ze ook onderzoek dat niet in hun eigen deelgebied ligt kunnen begrijpen. Daarnaast is het natuurlijk de ideale manier om veel mede-PhD-studenten van een groot aantal Europese universiteiten te leren kennen. In totaal doen er grofweg 25 PhD-studenten mee – waarbij overigens niet iedereen aan elk onderdeel meedoet. De deelnemers zijn ook niet alleen studenten van de genoemde universiteiten: hoewel het deelnemen aan de school van studenten van deze universiteiten verwacht wordt, kunnen ook PhD-studenten vanuit andere universiteiten zich aansluiten als er plek is, en als de betreffende universiteiten bereid zijn dat te financieren. Veel PhD-studenten maken daar gebruik van, en een groot deel van de deelnemers komt niet daadwerkelijk van een van de organiserende universiteiten.

Het Solvay-instituut herbergt trouwens wat interessante stukjes geschiedenis, en is een naam die je wellicht eerder hebt gehoord als je geïnteresseerd bent in wetenschapsgeschiedenis. Het instituut is vernoemd naar, en opgericht door, de Belgische ondernemer Ernest Solvay, en is te vinden in Brussel. Je kent de naam misschien van de Solvay-conferentie uit 1927, een van de beroemdste wetenschappelijke conferenties uit de geschiedenis, op een moment tussen de twee wereldoorlogen in, waarop veel wetenschappers zonder grote belemmeringen aanwezig konden zijn. Uit de conferentie kwam een heel beroemde foto voort, die je ziet in afbeelding 2. Op de foto zijn de 29 deelnemers

van de conferentie te zien, waarvan er uiteindelijk zeventien Nobelprijzen wonnen. (In totaal achttien Nobelprijzen, aangezien Marie Curie er twee heeft gewonnen.) In het midden vooraan zie je Albert Einstein zitten, met achter hem Paul Dirac en links van hem Hendrik Lorentz en daarnaast weer Marie Curie en Max Planck. Op de achterste rij zie je onder andere Paul Ehrenfest, Erwin Schrödinger en Werner Heisenberg (en Théophile de Donder, mijn ‘over-over-overgroot-supervisor’, in het midden naast Erwin Schrödinger en achter Paul Dirac). In Brussel hebben we uiteraard de locatie van deze foto opgezocht en een vergelijkbare foto gemaakt – zie afbeelding 3. Of er een vergelijkbaar aantal Nobelprijswinnaars op onze foto zal staan is natuurlijk nog te bezien.



**Afbeelding 2. Negenentwintig wetenschappers, achttien Nobelprijzen.** Een groepsfoto op de Solvay-conferentie in Brussel van 1927.



Afbeelding 3. Solvay-groepsfoto. Een aantal van ons is naar dezelfde plek gegaan waar de foto in afbeelding 2 is genomen; we hebben daar deze vergelijkbare foto gemaakt.

## Brussel – Université libre de Bruxelles (ULB)

In Brussel zijn we gestart met drie onderwerpen: gevorderde quantumveldentheorie (GQ), gevorderde algemene relativiteitstheorie (GAR), en snaartheorie (ST). De drie collegereeksen werden gegeven door toonaangevende onderzoekers binnen hun respectievelijke vakgebieden. Het meeste materiaal dat in deze colleges behandeld werd is in beginsel wel bekend bij de meeste deelnemers. Hier wordt echter vaak in net iets meer detail ingegaan op praktische aspecten, en wordt meer nadruk gelegd op methoden die in de moderne literatuur gebruikt worden, in plaats van methoden die misschien meer pedagogisch zijn. We startten met GQ, gegeven door Adel Bilal, een Fransman, waarna we overschakelen naar GAR, gegeven door Geoffrey Compère, een Belg, en eindigen met ST, gedeeld gegeven door de Italianen Alberto Lerda en Marco Billó. De docenten en onderwerpen in de eerste twee delen van de school zijn elk jaar grotendeels hetzelfde.

De campus van de ULB is ietwat merkwaardig. Die wordt namelijk gedeeld met de Vlaamse universiteit, de Vrije Universiteit Brussel (VUB) – met dezelfde naam als de Waalse universiteit dus, maar dan in het Nederlands – of eigenlijk: juist níét gedeeld. Het

campusgebied is heel scherp opgedeeld in twee delen met een duidelijke grens. Wanneer je van de Waalse naar de Vlaamse campus loopt, zoals ik dagelijks deed tijdens de lunch, verandert de architectuur om je heen heel plots in een meer op kaal beton georiënteerde, brutalistische stijl, en hoor je ineens iedereen om je heen Vlaams spreken. De beide universiteiten hebben grappig genoeg ook elk hun eigen theoretische-fysicagroep, en die afdelingen lijken redelijk gescheiden van elkaar hun gang te gaan, ondanks dat ze op slechts een paar honderd meter afstand van elkaar opereren. Hier is natuurlijk een interessante geschiedenis aan vooraf gegaan – zie bijvoorbeeld deze Wikipedia-pagina.

Ik verbleef gedurende deze drie weken in een Airbnb die ik heb geboekt samen met drie andere PhD-studenten die ik ken vanuit mijn master. Het was aan de andere kant van de stad gelegen, dus we moesten elke dag een half uur tot 40 minuten met de metro reizen om op de campus te komen. Het was echter enorm gezellig om zo drie weken door te brengen, en in de avond nog na te discussiëren over de colleges, wat vaak nog leerzamer was dan de colleges zelf. Brussel zelf maakte op mij in eerste instantie niet de beste indruk; het is er op veel plaatsen vrij smerig, stinkend en druk, maar na wat rond te struinen door de stad begon ik toch wel mijn plekjes te vinden, en hebben we ook mooie delen van de stad gezien. Zo hebben we bijvoorbeeld het Europees Parlement gezien, en de minder bekende zus van Manneken Pis, Jeanneke Pis, te zien in afbeelding 4. Na drie weken Brussel was ik uiteindelijk toch wel weer blij om terug in Amsterdam te zijn.




**Afbeelding 4. Foto's uit Brussel.** Links het Berlaymont gebouw, waar de Europese Commissie is gehuisvest, en rechts Jeanneke Pis.

## Genève – CERN

Na een week terug in Amsterdam te zijn geweest, moet ik in het weekend weer op de bus naar Genève stappen, waar ik op een zondag om 7 uur 's ochtends aankom. Op die eerste dag heb ik de gelegenheid om de stad Genève een beetje te bekijken. Naast de enorme hoeveelheid banken – het zijn er denk ik meer dan er coffeeshops in Amsterdam zijn – en de enorm hoge prijs van een kopje koffie, is het eerste wat opvalt het prachtige meer van Genève. Het water is er zo helder, dat je bijna overal vanaf de oever de bodem kan zien. Tegen de avond is er een prachtige zonsondergang met in de verte de Zwitserse bergen. Zie afbeelding 5 – inderdaad, even een momentje voor mijn vakantiefoto's, het spijt me.



**Afbeelding 5. Zonsondergang over het meer van Genève.**

Het CERN-terrein is geheel omheind, en er is maar één ingang met een bewaker die je erin laat nadat je je bezoekerskaart hebt laten zien. Daarna kan je inchecken bij het hostel; de deelnemers aan de school hebben elk een eigen kamer, maar een gedeelde badkamer en keuken. Het terrein van CERN maakt meer de indruk van een oud industrieterrein dan van een flitsend en wereldberoemd onderzoeksinstituut – hoewel er wel een heel flitsend restaurant is. Het instituut is erg groot: praktisch een op zichzelf staand dorp. Er is een eigen buslijn, een eigen ziekenhuis en brandweerkazerne, er zijn hotels, restaurants, winkels, een postkantoor, en ja, een bank, natuurlijk. Grappig genoeg kan je, als je goed zoekt, in een totaal onopvallend gangetje een plaquette vinden waarop te lezen is dat je in de gang staat waar het *world wide web* is uitgevonden – zie afbeelding 6. Boodschappen doet men hier, gezien de enorm hoge prijzen in Zwitserland, vaak vlak over de grens met Frankrijk. Ik heb zelfs begrepen dat er een dorp vlak over de grens is, waar bijna alleen maar medewerkers van CERN wonen – ook de huurprijzen zijn aan de Franse kant van de grens een stuk lager. Ben je nieuwsgierig geworden, dan kan je trouwens ook zelf eens bij CERN gaan kijken: er is ook een museum, en er zijn rondleidingen over gedeeltes van het terrein.




**Afbeelding 6. Foto's van CERN.** Links een plaquette, ergens verstopt in een gang in CERN, ter herinnering aan het feit dat hier in 1993 het world wide web geboren is. Rechts een van de gebouwen waarin we dagelijks onze colleges volgen.

In de eerste week dat ik er ben is het elke dag mistig, zodat we in de tweede week pas kunnen zien dat we aan alle kanten omringd zijn door prachtige bergen. Er is veel gelegenheid om in de omgeving te wandelen; zo is een aantal van ons afgelopen weekend een berg opgewandeld, naar de piek genaamd le Reculet – zie afbeelding 7.



**Afbeelding 7. Foto vanaf (bijna) Le Reculet.** Deze foto heb ik genomen vlakbij de top, Le Reculet. Je ziet in de verte Mont Blanc, en beneden als je goed zoekt ook CERN, de Rhône en het meer van Genève.

Op het programma staan ditmaal de onderwerpen supersymmetrie, gegeven door de Italiaanse Silvia Penati, superzwaartekracht, gegeven door de Vlaamse Antoine van Proeyen, supersnaartheorie en D-branen, gegeven door de Argentijnse Mariana Graña en dualiteiten in supersnaartheorie, gegeven door de Griek Elias Kiritsis. Met andere woorden: alles is super op CERN. Het 'super' in al deze onderwerpen refereert naar het idee dat je de bestaande structuren in bijvoorbeeld quantumveldentheorie heel natuurlijk kan uitbreiden zodat er een symmetrie ontstaat tussen deeltjes die een spin hebben die een geheel getal is, zogenaamde bosonen (bijvoorbeeld fotonen, of het Higgsdeeltje), en deeltjes die een spin hebben die een half-geheel getal zijn – en niet een geheel getal – zogenaamde fermionen (zoals elektronen). De aanwezigheid van een dergelijke symmetrie impliceert dat er voor elk soort boson een corresponderend soort fermion moet zijn, dat we dan de superpartner van dat boson noemen. Ondanks veel pogingen, waaronder van het CERN zelf, zijn de voorspelde superpartners nog niet gedetecteerd. Toch denken veel theoretisch natuurkundigen dat het idee van supersymmetrie op een bepaalde manier een kern van waarheid moet bevatten, omdat het bijna 'te mooi is om niet waar te zijn'. De aanwezigheid van supersymmetrie maakt namelijk dat de theorie waar je aan werkt in veel gevallen veel controleerbaarder wordt. Zo vermindert de symmetrie bijvoorbeeld de hoeveelheid oneindigheden die verschijnen wanneer je berekeningen doet in quantumveldentheorie, en zijn supersymmetrische zwarte gaten de enige zwarte gaten waarvan we weten hoe we de microtoestanden moeten tellen die de gewenste Bekenstein-Hawkingentropie geven. Supersymmetrie is daarnaast een vrij elegante en minimale uitbreiding van theorieën die wel goed getest zijn. Daarnaast is het zo dat, ook al zou de wereld niet supersymmetrisch zijn, dat niet betekent dat we niks van supersymmetrische theorieën kunnen leren; we rekenen in de natuurkunde immers altijd aan modellen die een bepaalde idealisatie van de werkelijkheid bevatten.

De sfeer tijdens de colleges is gemoedelijk, en er wordt veel gediscussieerd met de docenten. Vooral Antoine van Proeyen vertelt veel anekdotes over de ontstaansgeschiedenis van zijn vakgebied, zoals dat er vroeger tijdens conferenties weleens een voetbalwedstrijd werd gehouden om te beslissen welk formalisme of welke conventies beter zijn om te gebruiken.

We gaan ook twee keer met een grote groep samen eten, een keer bij de lokale pizzeria, en een keer in de hotelkeuken, waar ik bijvoorbeeld leer dat Van Proeyen ook een fanatiek fietser is. Zo kan je op zijn website een verhaal vinden over hoe hij tijdens een eerdere editie van deze school in vier dagen vanuit Leuven naar Genève is gefietst, en na afloop weer terug.

## Amsterdam – Universiteit van Amsterdam (UvA)

De school zal uiteindelijk eindigen in Amsterdam. De onderwerpen zullen zijn: de AdS/CFT-correspondentie, gegeven door de Griek Kyriakos Papadodimas, tweedimensionale conforme veldentheorieën en tweedimensionale zwaartekracht, gegeven door de Duitser Lorenz Eberhardt (van de UvA), primordiale kosmologie (dat wil zeggen: de kosmologie van kort na de oerknal), gegeven door de Braziliaan Guilherme Pimentel, en onderwerpen in quantumzwaartekracht, gegeven door de Nederlander Erik Verlinde – mijn promotor – en door de Amerikaan Antony Speranza (ook beide van de UvA). Alleen het onderwerp AdS/CFT is er een dat elk jaar gegeven wordt, en altijd door Kyriakos Papadodimas; de andere onderwerpen en docenten in dit deel van de school variëren van jaar tot jaar.

Hoewel dit laatste stuk van de Solvay School op het moment dat ik dit schrijf nog in de toekomst ligt, weet ik toch al enigszins wat ik kan verwachten. Vorig jaar, tijdens mijn master, heb ik ook een deel van de Solvay School bijgewoond, waarvan destijds ook het laatste deel in Amsterdam plaatsvond. De colleges waren toen zeer behulpzaam, en ik kijk ernaar uit om de delen die ik vorige keer maar gedeeltelijk heb kunnen bijwonen nu volledig te kunnen meemaken. Dit deel van de school is voor mij in ieder geval inhoudelijk het interessantste, en ik kijk er enorm naar uit.

Al met al is het een heel bijzondere ervaring, en een enorm privilege om aan de Solvay School deel te mogen nemen, zo aan het begin van mijn PhD. We krijgen de kans om meerdere interessante steden te zien, wereldberoemde onderzoeksinstituten van binnen te bekijken, en een reeks geweldige onderzoekers in ons vakgebied te leren kennen – dat alles terwijl we bovendien colleges krijgen over interessante onderwerpen waar we de rest van onze carrière nog mee te maken zullen hebben.