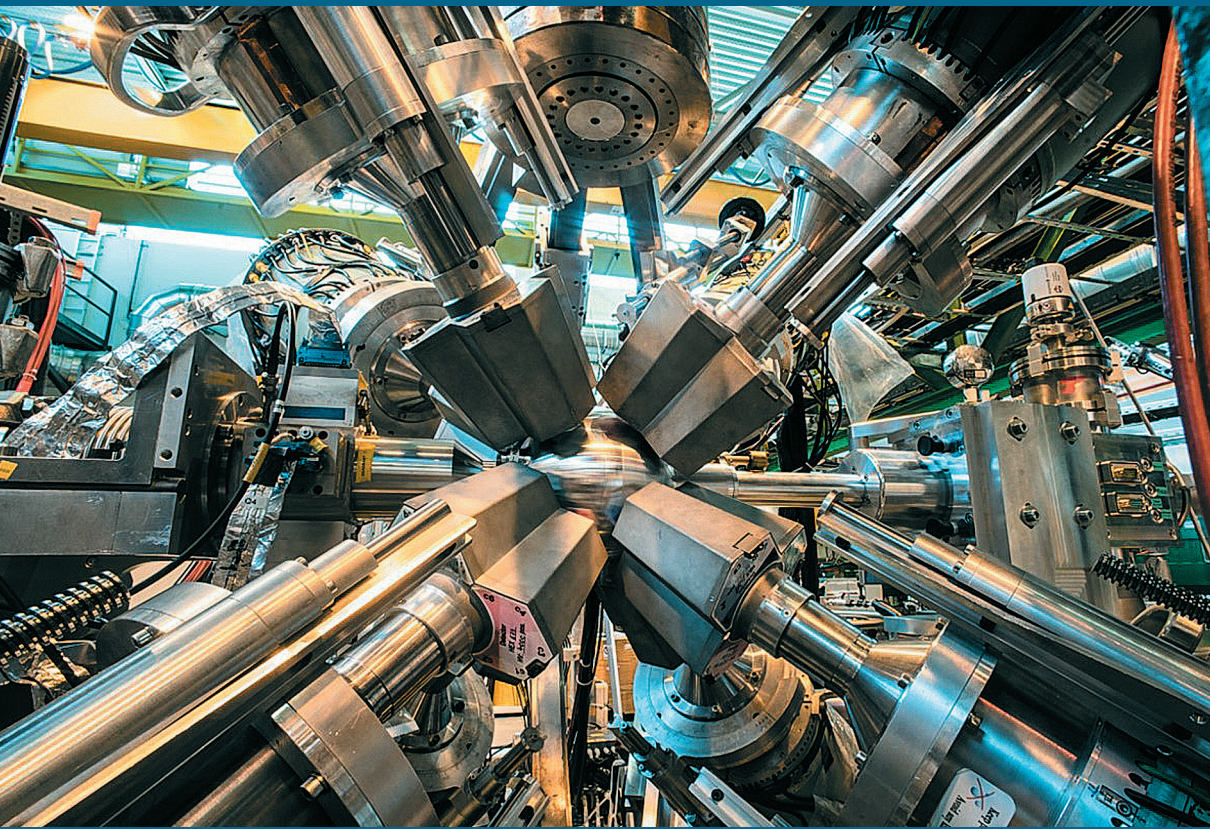


Kernfysica in Leuven



*Van nieuwkomer
tot voortrekker*

UNIVERSITAIRE PERS LEUVEN

MARK HUYSE

KERNFYSICA IN LEUVEN

Kernfysica in Leuven

Van nieuwkomer tot voortrekker

MARK HUYSE

UNIVERSITAIRE PERS LEUVEN

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING	9
HOOFDSTUK 1. DE EERSTE RADIOACTIEVE ERTSEN IN BELGIË EN EEN FRANSTALIGE START IN LEUVEN	13
Radium: ooit het duurste element uit de tabel van Mendelejev	13
Uranium: van afvalproduct tot strategisch goed	21
Kernfysica aan de Leuvense universiteit in de naoorlog	27
De breuklijn tussen lage- en hoge- energiefysica	34
Pierre Macq en het cyclotron van Louvain-la-Neuve	38
HOOFDSTUK 2. EEN 'DISNEYLAND VOOR FYSICI': DE INTREDE VAN EEN GLOEDNIEUW INSTITUUT (1958–1969)	43
De eerste Vlaamse doctoraten in de kernfysica	45
De vorming van een kernfysisch programma	47
Een eigen gebouw voor het IKS	49
Een wetenschappelijk comité bepaalt de toekomst van de natuurkunde	51
De groeikansen van het jonge instituut	53

HOOFDSTUK 3. HET WETENSCHAPPELIJK PROGRAMMA KRIJGT

VORM (1970–1985)	57
Het kernfysisch onderzoek	63
<i>De kernspectroscopiegroep</i>	64
<i>De kernoriëntatie-on-line- of KOOL-groep</i>	66
<i>De lasergroep</i>	68
Het vastestofonderzoek met nucleaire methodes	69
<i>De kernoriëntatiegroep, de hoekcorrelatiegroep en de mössbauer-groep</i>	69
<i>Rutherford-terugverstrooiing en kanalisatie</i>	71
<i>In-vluchtpolarisatie</i>	72
De weg naar een collegiaal beleid	73

HOOFDSTUK 4. DONDERWOLKEN DIENEN ZICH AAN (1985–1995)

Van een mogelijke catastrofe naar de sterren	75
<i>Het einde van de kernfysica in Louvain-la-Neuve</i>	81
<i>Europese erkenning</i>	82
Star Wars	83
Een onverwachte heroriëntering	85
Sputterende financiering	87
Evaluatie van het onderzoek: tellen en wegen	90

HOOFDSTUK 5. DE HORIZON VERBREEDT: INTERNATIONALISERING

OP VOLLE SNELHEID	93
De weg naar de FWO-Big Science-financiering	94
Het IKS wordt bijna volledig uithuizig	96
<i>CERN, Genève, Zwitserland met het ISOLDE-programma</i>	97
<i>GSI, Darmstadt, Duitsland</i>	108
<i>GANIL, Caen, Frankrijk</i>	110
<i>Synchrotronstraling-faciliteiten</i>	110
<i>ESRF, Grenoble, Frankrijk</i>	112
<i>Institut Laue-Langevin, Grenoble, Frankrijk en Paul Scherrer Institute, Villigen, Zwitserland</i>	113

Inhoudsopgave	7
HOOFDSTUK 6. SAMENWERKEN EN VERRUIMEN	115
Het Ion and Molecular Beam Laboratory	116
Interdisciplinair onderzoek	119
HOOFDSTUK 7. ONDERWIJS EN DIENSTVERLENING	125
Onderwijs	125
Dienstverlening	129
Wetenschapseducatie en -communicatie	131
HOOFDSTUK 8. DE RECENTSTE ONTWIKKELINGEN EN EEN BLIK IN DE TOEKOMST	135
LISOL's laatste experiment leidt tot een doorbraak	135
Lasers en ionenvallen	139
Een afscheiding maar geen afscheid	141
Een kernklok	142
HOOFDSTUK 9. CONCLUSIE	145
ANNEX 1. ENKELE KERNBEGRIPPEN VERDER UITGELEGD	151
Kernfysische begrippen	151
De kwantumladder	153
De fundamentele interacties en het Standaardmodel	154
De hyperfijninteractie	154
Isotopenseparatie	155
ANNEX 2. LIJST VAN DE DOCTORATEN	157
EINDNOTEN	171
AFKORTINGEN	181
LITERATUUR	185
HERKOMST FOTOMATERIAAL	187
DANKWOORD	189

INLEIDING

Dit boek behandelt de geschiedenis van het kernfysisch onderzoek aan de Leuvense universiteit en in het bijzonder hoe het zich ontwikkelde aan het Instituut voor Kern- en Stralingsfysica (IKS). Dit instituut, nu een onderdeel van het Departement Natuurkunde en Sterrenkunde, werd gecreëerd in het begin van de jaren zestig om Vlaamse fysicastudenten de kans te geven te doctoreren in de kernfysica. Tot dan was kernfysica in Leuven een volledig Franstalige aangelegenheid. De eerste jaren waren de Vlaamse doctoraatsstudenten onder leiding van professor Paul Mariens (1913–1982) te gast bij de Franstalige collega's, maar vrij snel werd de navelstreng doorgeknipt en kwam het Instituut op eigen benen te staan. De ontwikkeling van starter tot een van de hoofdrolspelers in het Europese kernfysisch onderzoek heb ik als medespeler en betrokken getuige meegemaakt. Het is de bedoeling die weg uitvoerig te beschrijven, op zoek te gaan naar de cruciale momenten, de goede en de slechte beslissingen, de opportuniteiten en de hindernissen.

Maar eerst wordt de voorgeschiedenis van de kernfysica in Leuven en meer algemeen in België geschetst. In het begin van de twintigste eeuw was de ontwikkeling van de kernfysica en kernchemie in België sterk gelinkt aan het Belgische Union Minière du Haut-Katanga, die de Shinkolobwemijn in Congo uitbaatte. De ertsen van deze mijn waren uitzonderlijk rijk aan uranium en radium¹, wat Union Minière eerst het monopolie opleverde in de commercialisering van het radium en later van het uranium. Belgische universiteiten konden hiervan op verschillende manieren profiteren. Radium, een natuurlijke radioactiviteit geëxtraheerd uit de ertsen van Katanga, werd wereldwijd gebruikt om de effecten te bestuderen van nucleaire straling op materie. De Leuvense professor radiochemie

Walter Mund (1892–1956) was voornamelijk geïnteresseerd in de chemische effecten, maar ook in het toepassen van radioactiviteit voor medische doeleinden. Die expertise en de beschikbaarheid van hoeveelheden radium kristalliseerden zich in het Leuvens Kankerinstituut, opgericht in 1927 door professor Jozef Maisin (1893–1971). Snel werd het duidelijk dat natuurlijke radioactiviteit niet volstond voor kernfysisch onderzoek en kernfysische toepassingen. Deeltjesversnellers deden hun intrede en verdrongen radium als stralingsbron voor medische toepassingen.

Eind 1938 observeerden Duitse onderzoekers in Berlijn een totaal nieuw en verrassend fenomeen. Een uraniumkern beschoten door neutronen kon in tweeën gespleten worden, wat ontzaglijk veel energie opleverde. Onmiddellijk klopten verscheidene buitenlandse mogendheden aan bij Union Minière; de interesse naar hun uraniumvoorraden was zeer groot. Edgar Sengier (1879–1963), directeur van zowel Union Minière als de Société Générale, besloot bij het uitbreken van de oorlog naar de neutrale Verenigde Staten van Amerika te vertrekken en liet de uraniumvoorraad vanuit Olen overbrengen. Uiteindelijk was driekwart van het uranium voor de eerste atoombommen afkomstig van Union Minière.

Na de Tweede Wereldoorlog ontstond er enorme interesse in de kernfysica en voornamelijk in de toepassingen ervan. België verwachtte een belangrijke rol te spelen in dit domein, mede met steun van de VS, als compensatie voor de Belgische uraniumleveringen voor de ontwikkeling van de atoombom. De Leuvense hoogleraar Marc de Hemptinne (1902–1986) speelde hierin een uiterst belangrijke rol. Het Interuniversitair Instituut voor Kernwetenschappen werd opgericht. Het had als opdracht het fundamenteel wetenschappelijk onderzoek in de kernfysica, gericht aan de universiteiten, te bevorderen zonder de onmiddellijke technische toepassingen in acht te nemen. Aan alle Belgische universiteiten ontstonden kernfysische instituten. In Leuven was dat het Institut Interuniversitaire de Physique Nucléaire – Centre de Louvain, dat met geld van onder andere Union Minière een nieuw gebouw kreeg in het Arenbergpark. Daar werd het eerste cyclotron, een krachtige deeltjesversneller, van België gebouwd. Het was een volledig Franstalig instituut en vandaar de vraag van de academische overheid in 1959 aan Mariens om binnen dat instituut een Nederlandstalige afdeling op te richten.

Na de splitsing van de universiteit in 1968 verhuisden de Franstalige kernfysici naar Ottignies, waar een nieuw en krachtiger cyclotron werd gebouwd. De Nederlandstalige kernfysici, ondertussen een tiental, bleven

achter zonder grote infrastructuur. Uiteindelijk bleek dit een voordeel te zijn, want zonder de zorg voor een grote versneller konden de onderzoekers zich volledig concentreren op nieuwe onderzoekstechnieken en zo succesvol experimenten uitvoeren op de krachtigste versnellers wereldwijd.

Het IKS heeft heel lang dankbaar gebruikgemaakt van de versnellers van de Franstalige collega's in Louvain-la-Neuve. In 2005 beslist de academische overheid van de UCLouvain om het kernfysisch onderzoek aldaar stop te zetten en zich enkel te concentreren op deeltjesfysica. Deeltjesfysica ontstond uit de kernfysica en aan de meeste Belgische universiteiten verdeelden de experimentatoren zich over beide domeinen, wat eerst leidde tot interne competitie en later, zoals aan de UCLouvain, tot het afstoten van de kernfysica. Het IKS besloot van in het begin zich enkel te concentreren op kernfysisch onderzoek en op het gebruik van kernfysische methoden voor materiaalonderzoek. De symbiose tussen die twee takken leverde een duidelijke meerwaarde. Daar dit boek focust op de geschiedenis van de kernfysica in Leuven, wordt de ontwikkeling van het onderzoek van vastestoffysica binnen het IKS wel beschreven maar in minder detail.

Het IKS is nu het enige universitaire laboratorium in België voor experimenteel onderzoek in de kernfysica. Op zich zijn er geen directe nadelen aan het feit dat er in de andere Belgische universiteiten geen directe collega's zijn. Het IKS is volledig ingebed in de internationale kernfysische gemeenschap. Zo neemt het in CERN, Genève, een van de grootste en meest gerespecteerde onderzoeksinstellingen in de wereld, een leidersrol op in het kernfysisch onderzoek aldaar. Voor een land als België is het wel belangrijk dat er minstens aan één universiteit een plaats is waar studenten en doctorandi in aanraking komen met de meest geavanceerde nucleaire technieken. Deze expertise is cruciaal voor domeinen in onze maatschappij, zoals energie, medische beeldvorming en therapie.

Het boek volgt voornamelijk een chronologisch lijn, maar hier en daar wordt die onderbroken om voor bepaalde belangrijke beslissingen of ontwikkelingen ook al aan te geven welke gevolgen daaruit voortvloeiden. Om het historisch verhaal zo min mogelijk te onderbreken worden kernfysische begrippen maar beperkt uitgelegd in de tekst zelf. Meer uitleg over kernbegrippen en technieken is achteraan te vinden in Annex 1.

DE EERSTE RADIOACTIEVE ERTSEN IN BELGIË EN EEN FRANSTALIGE START IN LEUVEN¹

Radium: ooit het duurste element uit de tabel van Mendelejev

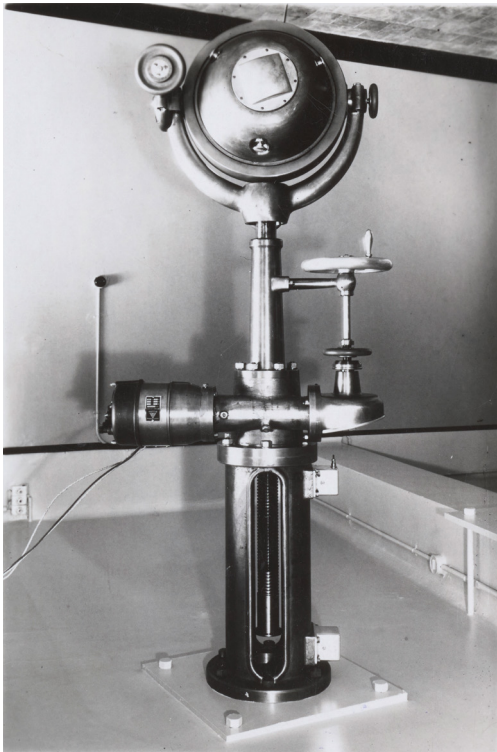
De kernfysica is bij toeval ontstaan in Parijs op 1 maart 1896. De Franse natuurkundige Antoine Henri Becquerel (1852–1908)² deed proeven naar het fenomeen van fosforescentie, waarbij sommige stoffen ook nog licht uitsturen lang nadat ze met licht bestraald werden. Die proeven gebeurden op uraniumzouten en verrassend genoeg bleken die ook straling uit te sturen zonder dat ze belicht waren. Hij noemde die straling ‘uraniumstralen’. Zijn studie werd verdergezet door Marie Curie-Skłodowska (1867–1934) en Pierre Curie (1859–1906), die concludeerden dat deze straling afkomstig was van de atoomkern zelf als gevolg van natuurlijke radioactiviteit. Door chemische zuiveringstechnieken konden ze uit ertsen de radioactieve substantie isoleren en ontdekten ze zo twee nieuwe elementen van de tabel van Mendelejev, radium (Ra) en polonium (Po, het 84^{ste} element in de tabel van Mendelejev). Radium werd het werkinstrument van een nieuwe generatie van natuurkundigen en scheikundigen: de kernfysici en kernchemici. Doordat radium hoogenergetische heliumdeeltjes uitstuurt, namelijk de alfastraling, konden er experimenten uitgevoerd worden met een tot dan toe onbereikbaar grote energie. Ook een nieuwe generatie artsen, de radiotherapeuten, realiseerde zich dat de energie en het doordringende karakter van de ioniserende straling gebruikt konden worden om tumoren te bestrijden. Maar radium was zeer duur wegens de

moeilijke en gevaarlijke processen die nodig waren om het te destilleren uit uraniumertsen, met schaarste als gevolg. Een Belgische firma speelde hierin een hoofdrol.

De geschiedenis van het 'Belgische' radium begon in Katanga, Belgisch-Congo. In het jaar 1915 stootte een Britse prospector die in opdracht werkte van de Belgische Union Minière de Haute-Katanga,³ tijdens een zoektocht naar koper rond Likasi op een bijzondere laag pekblende, uitzonderlijk rijk aan uraniumoxide, soms tot 65%. De vindplaats kreeg de naam 'Shinkolobwe'. Tot dan toe had uranium weinig commerciële waarde, enkel als kleurstof voor de glas- en keramiekindustrie, maar dat veranderde bij het vinden van sporen van radium in het uraniumerts, het op dat moment duurste element ter wereld. Edgar Sengier, een oud-leerling van het Sint-Amandscollege in Kortrijk, was directeur van Union Minière en startte in 1921 de exploitatie van de mijn. Het erts met de grootste concentratie aan uranium en radium werd naar Olen in België verscheept, waar de Métallurgique d'Hoboken, net als Union Minière ook een onderdeel van de Société Générale de Belgique, radium en uranium isoleerde en klaarmaakte voor verkoop. De eerste 3,4 gram radiumbromide werd op 15 december 1922 in Olen aan de pers voorgesteld. Door het uitzonderlijk zuivere radium domineerde België snel de wereldwijde radiummarkt met een productie die piekte tot 60 gram per jaar en een prijs schommelend rond de 60 dollar per milligram.⁴ De universiteiten deelden in dit nationale succes. Zo was er de interessante afspraak tussen Union Minière en de Universitaire Stichting⁵ voor het gebruik van radium, dat dan verder uitgeleend werd aan onderzoekscentra en ziekenhuizen: elke universiteit kreeg 2 gram radium voor medische en wetenschappelijke doeleinden.⁶ Maar om een volwaardig radiuminstituut uit te bouwen voor het ontwikkelen en toedienen van radiotherapie, zoals in Parijs, Londen en Stockholm, waren er grote investeringen nodig. Een discussie brak los over de vraag of het zinvol zou zijn om, zoals in het gecentraliseerde model van Frankrijk, een nationaal instituut te creëren. Leuven was tegen dat idee en ging zelf op zoek naar financiering. Rector Ladeuze lanceerde een succesvolle campagne bij de parochies, adel en industriëlen: op 24 januari 1929 kwamen de eerste patiënten aan in het indrukwekkende Kankerinstituut, het eerste gebouw van de Sint-Rafaëlklinieken, onder leiding van Joseph Maisin. Bestralingen vonden plaats in een betonnen bunker waar, dankzij overeenkomsten met Union Minière, steeds intensere 'radiumbommen' gebruikt konden worden.⁷



Het kankerinstituut opgericht door Joseph Maisin.



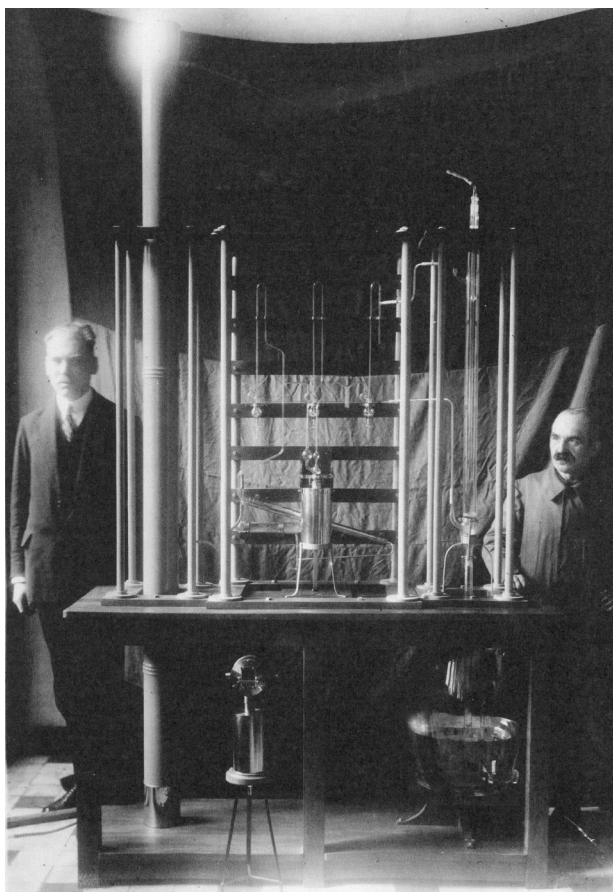
De 7 gram zware radiumbom in het Leuvense kankerinstituut.

De geschiedenis van de kernchemie en kernfysica in Leuven begon bij Walter Mund (1892–1956).⁸ Walter Mund werd geboren in Antwerpen in een ingeweken Duitse familie, actief in de haven. Hij studeerde aan de universiteit van Leuven en behaalde er in juli 1914 zijn doctoraat in de fysische scheikunde. Een maand later meldde hij zich als vrijwilliger in het Belgische leger. Na de oorlog keerde hij terug naar Leuven, waar hij in 1922 benoemd werd tot professor fysische chemie. Hij doceerde vanaf 1925 ook natuurkunde. Mund ondernam enkele korte werkbezoeken aan het radiuminstituut van Marie Curie-Skłodowska in Parijs om zich te bekwamen in de nieuwste nucleaire technieken. Met een kleine hoeveelheid radium gekregen van Marie Curie-Skłodowska, startte hij zijn onderzoek in Leuven naar het effect van radioactieve straling op chemische stoffen. Hij ontwikkelde in 1924 een toestel om zuiver radon (Rn, het 86ste element in de tabel van Mendelejev), een radioactief gas, te extraheren uit het radium afkomstig van de ertsen van Katanga. De bron (138 milligram radioactief materiaal, in bruikleen gegeven door Union Minière) functioneerde 30 jaar lang in de kelders van het Arenberginstituut voor Scheikunde in de Naamsestraat, nu het STUK. Het geëxtraheerde radon werd in cilinders opgevangen en gebruikt voor Munds experimenten in de radiochemie. Zo maakte Mund van Leuven een belangrijke plaats voor radiumonderzoek. Hij was ook een pionier in het aanwenden van radioactiviteit voor medische doeleinden. Hij ontwikkelde een apparaat voor de productie van radioactief water (verrijkt met radium) voor thermale doeleinden. In Spa kan men nog altijd de gelabelde kraan zien, maar er komt geen water meer uit.

Marc de Hemptinne was een van de hoofdrolspelers in de ontwikkeling van de kernfysica in Leuven. Hij was de middelste in een professorsyndynastie. Zijn vader, graaf Alexandre de Hemptinne (1866–1955), studeerde natuurwetenschappen aan de Gentse universiteit, behaalde zijn doctoraat in de wetenschappen in Leipzig en zette zijn onderzoek verder in zijn privélaboratorium te Gent. In 1902 werd hij benoemd tot hoogleraar in Leuven en bekleedde er de leerstoel spectroscopie.⁹ Hij beschreef later, speciaal voor zijn kleinkinderen, zijn begintijd in Leuven.¹⁰ Hij kwam maar twee dagen per week naar Leuven en werkte de andere dagen in zijn privélaboratorium, waar hij de invloed bestudeerde van elektrische ontladingen in gassen. Dat onderzoek leidde in 1904–1905 tot een aantal patenten en de oprichting van de lucratieve firma Huiles et Graisses Elektrion. Over Leuven schreef hij dat zijn onmiddellijke aandacht ging naar de oprichting van een onderzoekslaboratorium voor doctoraatsstudenten in de fysische wetenschappen en wiskunde, een lacune in de opleiding.



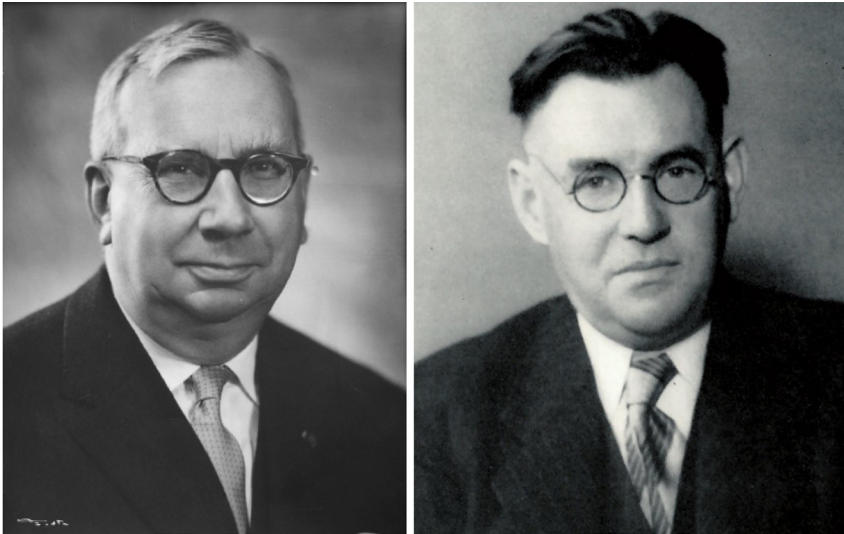
Walter Mund.



Walter Mund en technicus bij het apparaat voor radioactivatie van water (onder andere gebruikt in Spa).

Zoon Marc de Hemptinne volgde studies scheikundig ingenieur aan de universiteit van Gent, behaalde in 1926 daar ook zijn doctoraat in de wetenschappen, richting natuurkunde en wiskunde. Hij zette zijn onderzoek verder aan de universiteit van Zurich. In 1929 trad Marc de Hemptinne in de Leuvense voetsporen van zijn vader en kreeg er lesopdrachten in de faculteit voor wetenschappen. De grote betrachting van vader en zoon was het onderzoekslaboratorium verder uit te bouwen tot een plaats voor effectief experimenteel onderzoek in de fysica en niet enkel voor de opleiding van doctoraatsstudenten. Daarvoor werd tussen 1930 en 1932 het College van Premonstreit in de Naamsestraat omgebouwd tot het Laboratoire de Physique Expérimentale.

Het past hier om een tweede belangrijke speler in de ontwikkeling van de experimentele fysica aan de Leuvense universiteit te introduceren. Het



Marc de Hemptinne en Augustin Van Itterbeek.

College van Premonstreit huisvestte van 1932 ook het Laboratorium voor Lage Temperaturen en Technische Fysica onder leiding van Augustin Van Itterbeek (1904–1968). Van Itterbeek behaalde in 1927 zijn doctoraat in de wis- en natuurkunde aan de universiteit van Gent, een jaar dus na Marc de Hemptinne. Na enkele jaren verblijf aan het befaamde Kamerlingh Onnes Laboratorium in Leiden keerde hij even terug naar Gent, maar in 1932, 3 jaar na De Hemptinne, werd hij aangetrokken door de Leuvense universiteit om een Nederlandstalig navorsingslaboratorium te leiden.¹¹ Dit paste in de strategie van de universiteit om te ontdubbelen in een Franstalige en Nederlandstalige opleiding. Van Itterbeek slaagde er in 1939 in om, na Leiden, Moskou, Oxford en Cambridge, heliumgas door koeltechnieken vloeibaar te maken en bracht zo zijn Laboratorium voor Lage Temperaturen en Technische Fysica op het internationale plan.¹² In de 10 jaar na de oprichting van het laboratorium werden er elf doctoraten uitgevoerd, bij De Hemptinne waren dat er maar twee. Er waren dus duidelijk twee sterke figuren actief in twee verschillende domeinen van de fysica, gehuisvest in hetzelfde gebouw en in competitie met elkaar voor de schaarse onderzoeksmiddelen.

Een trio legde de basis van het Laboratoire de Physique Expérimentale. De Hemptinne leidde het laboratorium en verrichte onderzoek in de moleculaire fysica, waar hij met ramanspectroscopie en zuiver koolstof-13 (^{13}C)



De assistenten Paul Mariens, Walter Van Dingenen en Odiel Van Paemel op de muur van het College van Premonstreit (ca. 1937).



Walter Van Dingenen, Paul Mariens, Alfons De Bock, Augustin Van Itterbeek, Louis De Greve, E. De Grande, Odiel Vanpaemel, Julienne Van Lierde, A. Werner op het dak van het College van Premonstreit (ca.1947).

de structuur van moleculen ontrafelde. Jean-Marie Delfosse (1909–1998) legde zich toe op de massaspectroscopie en bepaalde zeer nauwkeurig de massa van het radioactieve ^{222}Rn . Paul Capron (1905–1978) vervoegde in 1935 het labo. Hij had gedoctoreerd bij Mund, die hem aanraadde de overstap te maken van de radiochemie naar de kernfysica – dus van het Arenberginstituut voor Scheikunde naar het College van Premonstreit. Capron had al bij Mund ervaring opgedaan met trage neutronen afkomstig van radium-berylliumbronnen. Hij gebruikte die trage neutronen om radio-isotopen te produceren en hun halveringstijden op te meten, dit slechts 3 jaar nadat James Chadwick in Cambridge het neutron had ontdekt.¹³ Zo sjoepelde de kernfysica binnen in het Laboratoire de Physique Expérimentale. Het trio De Hemptinne-Capron-Delfosse zal tot het eind van de jaren zestig bepalend zijn voor de ontwikkeling van de kernfysica in Leuven. Voor de theoretische onderbouw van hun onderzoek konden ze bogen op de expertise van Charles Manneback (1894–1975), samen met jaargenoot en vriend Georges Lemaître (1894–1966), topprofessoren in Leuven, ook gehuisvest in het College van Premonstreit.

In 1937 besloot Union Minière de Shinkolobwe-mijn te sluiten en te laten onderlopen. De reden was concurrentie en overaanbod aan radium mede veroorzaakt door nieuwkomers. Er lagen wel nog grote radiumvoorraden in Olen en grote voorraden uraniumertsen in Shinkolobwe. Het ‘Belgische’ radiumverhaal kwam ten einde, maar snel startte het ‘Belgische’ uraniumverhaal.

De nieuwkomers waren de deeltjesversnellers. Radium als bron van alfadeeltjes en gammastralen voor kernfysisch en radiochemisch onderzoek en voor radiotherapie heeft veel beperkingen. Het is vooreerst gevaarlijk voor de gezondheid, zowel in de productie als het gebruik. Ook zijn de energie en de intensiteit van de straling beperkt. Maar het duurde nog vele jaren voor men deze bron kon vervangen door machines die mooi gedefinieerde bundels met grotere energieën en intensiteiten konden leveren. Elektrostatische versnellers, zoals de vandegraaff-generator, en elektrodynamische versnellers, zoals het cyclotron, ontwikkeld door Ernest O. Lawrence (1901–1958), zouden vanaf 1930 de rol van radium beginnen over te nemen.

In 1938 bezocht De Hemptinne het laboratorium van Lawrence in Berkeley. Hij raakte ervan overtuigd dat zijn hernoemde Département de Physique Nucléaire et Moléculaire moest worden uitgerust met een cyclotron. Lawrence had hem namelijk erop attent gemaakt dat een cyclo-

tron veel neutronen genereert die ook kunnen worden gebruikt voor de behandeling van leukemie. De Hemptinne stuurde Capron en Delfosse in 1939 naar Berkeley en nam contact op met Ateliers de Constructions Électriques de Charleroi (ACEC), het elektromechanicabedrijf van baron Edouard Empain. Maar op de dag dat de beslissing genomen moest worden, 1 september 1939, viel Duitsland Polen binnen en belandde het project in de koelkast.

Uranium: van afvalproduct tot strategisch goed

Bij een experiment in Berlijn op 19 december 1938 observeerden Otto Hahn (1879–1968) en Fritz Strassman (1902–1980) dat een uraniumkern beschoten door neutronen opsplijste in twee grote brokstukken. Een maand later al kwamen Lise Meitner¹⁴ (1878–1968) en haar neef Otto Frisch (1904–1979) met de verklaring van de waargenomen kernsplijting. Het was onmiddellijk duidelijk dat de grote hoeveelheid energie die bij kernsplijting vrijkomt, aangewend kan worden voor zowel vreedzame als militaire doeleinden. De grote voorraden uraniumertsen in Shinkolobwe kwamen daarom weer volop in de internationale belangstelling. Edgar Sengier, ondertussen directeur van zowel Union Minière als de Société Générale, werd al in mei 1939 gecontacteerd door de Franse kernfysicus Frédéric Joliot-Curie (1897–1956), die ook al snel drie patenten had aangevraagd voor de ontwikkeling van kernenergie en van explosieven op basis van uranium. Sengier leverde acht ton uraniumoxide aan de Fransen. Bij het uitbreken van de oorlog vertrok Sengier naar New York met de totale stock radium (ca. 20 gram) en liet 599 ton uranaat¹⁵ uit Olen overkomen naar het neutrale Amerika. Hij liet ook 1089 ton van de opgedolven uraniumertsen met een hoog uraniumgehalte van Shinkolobwe overbrengen naar New York.¹⁶ Het bleef daar een drietal jaren onaangeroerd liggen tot het uiteindelijk eind 1942 in het grootste geheim aangekocht werd in het kader van het Manhattan Project.¹⁷ Sengier sloot, op eigen houtje onderhandelend, een akkoord met de Amerikanen. Het contract van 18 september 1942, een blaadje groot, had het over het uraniumoxide dat geraffineerd werd uit het uraniumerts; het restafval bleef in het bezit van Union Minière, want er kon nog radium uit gewonnen worden. Alles gebeurde in het grootste geheim, zelfs de Belgische regering in ballingschap in Londen werd niet op de hoogte gebracht. Uiteindelijk leverde Sengier duizenden tonnen

uraniumerts, ongeveer driekwart van het uranium dat nodig was voor de productie van de atoombommen op Hiroshima en Nagasaki.

De verschillende uitdagingen na de Tweede Wereldoorlog waarvoor de Belgische staat, de industrie en de wetenschappelijke wereld ten opzichte van de kernfysica en haar toepassingen stonden, worden uitgebreid besproken in het boek van Geert Vanpaemel over de 70-jarige geschiedenis van het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK) in Mol.¹⁸ Hiervan wordt in wat volgt dankbaar gebruikgemaakt.

Pas begin 1944 brachten de Amerikanen en de Britten de Belgische regering in ballingschap op de hoogte van de rol die het 'Belgische' uranium tot dan toe gespeeld had in hun oorlogsinspanningen en van welke plannen zij verder hadden. In feite wilden ze het wereldmonopolie verkrijgen over alles wat met uranium te maken heeft: een Anglo-Amerikaanse atoomheerschappij. Sengier vertrok naar Londen om samen met de Belgische regering te onderhandelen rond de naoorlogse productie van uranium. De onderhandelingen verliepen zeer moeizaam. Het zogenaamde *Tripartite Agreement* werd ondertekend op 11 oktober 1944, maar om politieke problemen in België te voorkomen, stond het geantidateerd als 26 augustus 1944, de laatste dag van de regering in ballingschap in Londen. Men kon op die manier beweren dat de regering het contract in uitzonderlijke omstandigheden, namelijk in ballingschap, had afgesloten. De politieke instabiliteit van België, met onder andere een sterk Russisch gerichte communistische partij, zorgde ervoor dat het contract zeer lang geheim bleef, zelfs binnen de regering. Het akkoord kwam er uiteindelijk op neer dat het 'Belgische' uranium volledig onder controle kwam te staan van de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk. België had enkel recht op een beperkte hoeveelheid uranium voor wetenschappelijk onderzoek en *niet-energetische* toepassingen. Wel werd er een redelijk bevoorrechte participatie beloofd in de toekomstige, vreedzame ontwikkeling van kernenergie. Het contract had een looptijd van 10 jaar. Union Minière voer er vele jaren wel bij. Maar in het klimaat van de opkomende Koude Oorlog kwam er in 1946 met de *McMahon Bill* een Amerikaans embargo op de totaliteit van het atoomonderzoek. Zo werd de belofte aan België van participatie in de ontwikkeling van de kernenergie verbroken.

De beoogde alleenheerschappij van de Verenigde Staten over atoomwapens duurde niet lang. Al in 1949 werd de eerste Russische atoombom getest, Engeland volgde in 1952. Het was niet alleen de rol van de atoomwapens in de veranderende wereldorde die tot de verbeelding sprak, maar

ook de schier eindeloze hoeveelheid energie die kernreactoren konden leveren. Ook die werden razendsnel ontwikkeld. Op 2 december 1942 vond in Chicago de eerste door de mens beheerste nucleaire kettingreactie plaats. Op 20 december 1951 werd in Idaho voor het eerst elektriciteit opgewekt met een kernreactor. Op 27 juni 1954 leverde in Obninsk, Rusland voor het eerst een kernreactor elektriciteit aan het net. De eerste commerciële reactor kwam er in 1956 in Sellafield, Verenigd Koninkrijk. Deze snelle ontwikkelingen leidden bij het grote publiek evenzeer tot enthousiasme als tot afschuw.

Terugkerend naar de periode kort na de oorlog, toen België nog dacht de door de Amerikanen beloofde bevoorrechte positie in de ontwikkeling van kernenergie te verzilveren, richtte het Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (NFWO) in 1945 een ad-hoccommissie op die de wetenschapstak van de kernfysica aan een studie moest onderwerpen. De commissie kwam tot de conclusie dat het kernfysisch onderzoek in België een serieuze achterstand had. De expertise was beperkt tot experimenten en toepassingen met radium als stralingsbron (voornamelijk in Leuven) en enigszins gerelateerd, tot de studie van kosmische straling (voornamelijk in Brussel). De financiële middelen waren beperkt en verspreid over de verschillende universiteiten. Sommige leden van de commissie verdedigden de stelling dat het model van de Verenigde Staten gevolgd moest worden en dat er dus nood was aan een concentratie van mensen en middelen in een centraal instituut. Net zoals bij de discussie rond een nationaal radiuminstituut hielden de universiteiten de boot af. Uiteindelijk opteerde de commissie ervoor om het kernfysisch onderzoek te spreiden over zes centra: twee aan de rijksuniversiteiten (Gent, Luik), twee aan de vrije universiteiten (Leuven, Brussel), een aan de Faculté Polytechnique de Mons en een aan de Koninklijke Militaire School. Ter ondersteuning en coördinatie van de centra richtte het NFWO in 1947 het Interuniversitair Instituut voor Kern-Physica op, gefinancierd door het ministerie van Openbaar Onderwijs (eerst 10 miljoen Belgische frank per jaar en in 1951 verdubbeld tot 20 miljoen).¹⁹

De wetenschappelijke leiding van het nieuwe instituut werd aan Marc de Hemptinne toevertrouwd. Hij was dan ook zowat de belangrijkste autoriteit in België met jarenlange ervaring in experimentele kernfysica, wat hem trouwens in 1948 de Francqui-prijs²⁰ opleverde. De universiteit van Brussel en die van Leuven ontvingen ook nog eens bij de start van het Interuniversitair Instituut voor Kern-Physica 10 miljoen Belgische

frank van Union Minière. In Leuven werd dit gedeeltelijk gebruikt voor de bouw van een cyclotron.

De Hemptinne geloofde in twee belangrijke toepassingen van de kernfysica in België: de productie van energie met kernreactoren en de productie van radio-isotopen voor wetenschappelijk onderzoek en medische toepassingen. De Amerikanen probeerden die ambities te temperen. Tijdens een bezoek van De Hemptinne in 1948 aan de Verenigde Staten overtuigden ze hem ervan dat het nog meer dan 20 jaar zou duren voordat kernenergie een belangrijk deel van de energievoorziening kon overnemen.²¹ De Hemptinne zag daarom aanvankelijk in België geen toekomst voor de bouw van een reactor, maar wel voor de productie en gebruik van radio-isotopen. De Amerikanen waren geslaagd in hun opzet om het onderzoek rond kernreactoren in Amerika te houden. Als een vorm van goodwill lieten ze Belgische studenten toe een opleiding rond radio-isotopen te volgen in het open gedeelte van het Oak Ridge National Laboratory in Tennessee, een van de drie grote sites waar tijdens de oorlog het Manhattan Project werd ontwikkeld. In Oak Ridge werden verschillende technieken gebruikt voor de verrijking van uranium.²² Een daarvan was gebaseerd op elektromagnetische isotopenseparatie, een techniek die vanaf 1967 een belangrijke rol zal spelen in de ontwikkeling van het IKS.

Maar De Hemptinne zal zijn mening herzien. Samen met René Ledrus, professor fysica aan de Koninklijke Militaire School, schreef hij in 1950 een nota waarin ervoor gepleit werd dat België een speciaal comité zou oprichten voor kernenergie, nu verschillende Europese landen de eerste stappen zetten voor een samenwerking rond atoomenergie.²³ Ondertussen onderhandelde de Belgische staat niet meer met de Amerikanen om participatie in de ontwikkeling van kernenergie, maar wel om financiële compensatie voor de leveringen van uranium. Tijdens een bijeenkomst op de Universitaire Stichting rekende men uit dat er ongeveer 695 miljoen Belgische frank nodig zou zijn om in de komende 4 jaar op een aanvaardbaar peil te komen wat betreft kernfysisch onderzoek, inclusief onderzoek rond kernenergie. De Amerikanen van hun kant kwamen op 500 miljoen Belgische frank.²⁴ Na nieuwe onderhandelingen stemden de Amerikaanse en Britse overheden ermee in om jaarlijks een 'over-taks' te betalen op het geleverde uraniumoxide als steun voor het Belgische nucleaire onderzoeksprogramma. Wel waren de Amerikanen, maar ook de Belgische overheid, beducht voor communisten in het Belgische staatsapparaat en aan de Belgische universiteiten. Ze zagen

liever niet dat reactoronderzoek gebeurde aan de universiteiten en dus ook niet binnen het Interuniversitair Instituut voor Kern-Physica. Tevens leefde de overtuiging dat kernreactoronderzoek eerder door ingenieurs en technici moest gebeuren dan door wetenschappers uit de natuurkunde en scheikunde. In Amerika had zich tijdens de oorlog een metamorfose voltrokken in de manier waarop in bepaalde domeinen van de fysica onderzoek gebeurde. Het leger, de industrie en de universiteiten werkten samen en ontwikkelden op korte tijd de atoombom en de op microgolven gebaseerde radar. Na de oorlog zag men in dat voor de ontwikkeling van de kernenergie eenzelfde manier van werken noodzakelijk was: een concentratie van mensen, middelen en onderzoeksinfrastructuur met sterke inspraak van de industrie en de politiek. Een nieuwe manier van werken dat werd omschreven als 'Big Science'.²⁵

Dit alles leidde eind 1950 tot de oprichting van het Commissariaat voor Atoomenergie, onder leiding van de hoge commissaris Pierre Ryckmans (1891–1959), eregouverneur-generaal van Congo. Ryckmans was ook de persoon waarlangs de heffingen van de Belgische staat op de uraniumverkoop door Union Minière toe moesten komen. De missie en de naam van het Interuniversitair Instituut voor Kern-Physica werd in 1951 gewijzigd. Het nieuwe Interuniversitair Instituut voor Kernwetenschappen (IIKW) kreeg als opdracht het fundamenteel wetenschappelijk onderzoek in de kernfysica (dus binnen de vier universiteiten, de Faculté Polytechnique de Mons en de Koninklijke Militaire School) te bevorderen, maar moest zich wel onthouden van toegepast onderzoek rond kernenergie. Alle navorsingen met betrekking tot kernenergie en gericht op de bouw van een kernreactor in België kwamen in 1952 terecht in het Studiecentrum voor de Toepassingen van de Kernenergie. Mol werd gekozen als site waar de reactor gebouwd zou worden. De naam veranderde later in Studiecentrum voor Kernenergie (SCK).

Nu de Verenigde Staten het monopolie rond uranium, kernwapens en kernenergie kwijt waren, lanceerden ze in 1953 het 'Atoms for Peace'-programma voor samenwerking met bevriende naties rond het vreedzame gebruik van kernenergie. Een zekere openheid ontstond en voor het eerst gaf Paul Henri Spaak, minister van Buitenlandse zaken, in de minister-raad van 8 januari 1954²⁶ enkele details over het uraniumcontract met de Verenigde Staten. Wel werd nog niet de inhoud van het volledige contract vrijgegeven. Spaak stelde: *'Ces accords secrets étaient particulièrement défavorable pour notre pays, ce qui était dû aux circonstances peu propices du*

moment. De bilaterale akkoorden van België met de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk werden daarom op 15 juni 1955 opnieuw onderhandeld en aangepast, de over-taks bleef. De geheimzinnigheid rond de deals van Union Minière en later van de Belgische overheid met de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk bleef vele jaren hangen. Het was het tijdperk van de Koude Oorlog en van de dekolonisatie, en de betrokken overheden hielden liever het potje gedekt. Nu alles vrijgegeven en onderzocht is, is er meer klaarheid over de rol van Edgar Sengier en de schimmige uraniumdeals van Union Minière.²⁷

Het uraniumcontract met de Amerikanen eindigde in 1960, de laatste leveringen gebeurden in 1959. Uranium kon al op vele plaatsen gewonnen worden, de concurrentie werd te groot. De activiteiten van Union Minière in Shinkolobwe werden in 1961 stilgelegd. Hiermee eindigde het 'Belgische' uraniumverhaal, maar de over-taks op de uraniumleveringen zorgde voor een ruim gefinancierde, vliegende start van het fundamenteel en toegepast kernfysisch onderzoek.

Tabel 1: De IIKW-budgetten en -personeelsaantallen in de periode 1947–1959. 'MOO' staat voor 'Ministerie Openbaar Onderwijs' en 'CAE' voor 'Commissariaat voor Atoomenergie'.²⁸

Jaar	MOO Miljoen Belgische frank	CAE Miljoen Belgische frank	Totaal Miljoen Belgische frank	Weten- schappelijk personeel	Technisch personeel	Admini- stratief personeel	Totaal personeel
1947	10,0			10	10	1	21
1948	10,0			17	19	2	38
1949	10,0			23	30	2	55
1950	10,0			33	49	2	84
1951	20,0			34	59	4	97
1952	20,0	15,0	35,0	45	84	5	134
1953	20,0	15,0	35,0	44	93	5	142
1954	5,0	30,0	35,0	43	93	6	142
1955	15,0	22,0	37,0	53	101	7	161
1956	15,0	27,0	42,0	65	111	8	184
1957	15,0	35,0	50,0	93	116	8	217
1958	22,5	35,0	57,5	107	131	9	247
1959	22,5	55,0	77,5	130	162	9	301
TOTAAL	175	234	369	670	1.029	65	1.764

Even een overzicht van de financiële injectie via de over-taks en de Belgische staat in het kernfysisch onderzoek in de periode 1947–1959 (zie tabel 1).²⁹ In totaal leverde de over-taks op de uraniumleveringen door Union Minière tussen 1952 (het begin van het innen van de over-taks) en 1959 (het einde van de uraniumleveringen) een bedrag op van ongeveer 635 miljoen Belgische frank.³⁰ Daarvan ging 234 miljoen naar het IIKW. Samen met de 185 miljoen van het ministerie van Openbaar Onderwijs werd er een totaalbedrag van 369 miljoen Belgische frank geïnjecteerd in het kernfysisch onderzoek in de vier universiteiten, de Faculté Polytechnique de Mons en de Koninklijke Militaire School. Daarnaast was er nog een extra injectie in de jaren 1958 en 1959 voor een kobaltbestralingsbron voor medische toepassingen en voor drie speciale programma's (hoge energie, plasmafysica en een reactor voor Gent). Het personeelsbestand van het IIKW nam toe van 21 eenheden in 1947 tot 301 in 1959.

De Leuvense universiteit was duidelijk een van de grootste spelers binnen het IIKW. Het trio De Hemptinne-Capron-Delfosse diende, met succes, vele projecten in en met de steun van de universiteit, het IIKW en Union Minière konden ze hun droom voor een cyclotron realiseren.

Kernfysica aan de Leuvense universiteit in de naoorlog³¹

Op het einde van de Tweede Wereldoorlog werd het College van Premonstreit gebombardeerd. Het onderwijsgebouw werd volledig vernield, maar gelukkig bleef het oude gebouw overeind, waar zowel het Département de Physique Nucléaire et Moléculaire van Marc de Hemptinne als het Laboratorium voor Lage Temperaturen en Technische Fysica van Augustin Van Itterbeek gevestigd waren. Wel was er serieuze glas- en andere schade aan de opstellingen. Globaal stond de universiteit voor een gigantische taak van wederopbouw, maar de financiële middelen waren beperkt. Gelukkig waren er de IIKW-middelen.

De Hemptinne bezocht in 1945 Guy Tavernier³² (1924–1996), die tijdens de oorlog naar Londen gevlucht was met zijn familie, studeerde aan het Imperial College en werkte voor zijn doctoraat aan een vandeGraaff-generator voor de versnelling van elektronen. De Hemptinne was onder de indruk van wat daar gerealiseerd werd en stuurde zijn doctoraatsstudent Luc Gillon³³ (1920–1998) voor zijn verdere opleiding naar het Imperial

College. De Hemptinne overtuigde Tavernier ervan om naar Leuven te komen en samen met Gillon bouwden ze in het College van Premonstreit een 2MV³⁴-vandegraaff-generator voor de versnelling van elektronen, de eerste in België. Ook werden de plannen voor een cyclotron bovengehaald. Het was duidelijk dat het College van Premonstreit te klein werd.

Er waren al voor de oorlog plannen om een volledig nieuw fysisch instituut te bouwen. Een eerste ontwerp om dit te bouwen in de Van Evenstraat werd verworpen vanwege de cyclotronplannen. Kanunnik Jozef De Smedt schreef hierover in *Onze Alma Mater*: ‘Een cyclotron is echter een ding dat ge zomaar niet te midden in een stad zijn gevaarlijke neutronenstralen laat uitzenden. Dit omslachtig en gevaarlijk tuig werd naar de bossen van het Arenbergpark te Heverlee verbannen.’³⁵ Misschien een wat simplistische kijk op het vele werk dat De Hemptinne verricht had om een nieuw gebouw en een cyclotron te verwerven. Cruciaal hierin was de gift van 10 miljoen Belgische frank van Union Minière ‘aux laboratoires de physique de l’Université Catholique de Louvain’.³⁶

De Hemptinne gaf in 1947 via een brief een stand van zaken aan rector Honoré van Waeyenbergh (1891–1971).³⁷ Het terrein achter het landbouwinstituut in het Arenbergpark was geschikt bevonden en de constructie van het nieuwe gebouw werd op 3,5 miljoen frank geschat. De magneet van het cyclotron zou 3 miljoen frank kosten. Samen zou dit al gedekt kunnen worden door de gift van Union Minière. Verder maakte hij zich sterk dat hij de nodige subsidies zou vinden bij het IIKW om het cyclotron te voltooiën. De Hemptinne argumenteerde ook nog dat er hiermee geen nieuw fysisch instituut meer nodig was. Hij dacht te weten dat Van Itterbeek niets anders vroeg dan te blijven in het College van Premonstreit, mits hij de vrijgekomen lokalen kon innemen. De Hemptinne besloot dat op die manier de Union Minière-gift van 10 miljoen frank rechtstreeks of onrechtstreeks gebruikt werd voor de kernfysica en dat Leuven hiermee zijn voorsprong op Brussel en de andere Belgische universiteiten in dit domein kon bewaren.

Van Itterbeek was het niet eens met deze gang van zaken. Hij was blij dat de kernfysici vertrokken uit het College van Premonstreit, maar had zware kritiek over wat er met Union Minière-gift gebeurde. Die was bedoeld voor de fysicallaboratoria in het algemeen. Hij stuurde verontwaardigd een vier bladzijden tellende brief naar rector Van Waeyenbergh³⁸ dat ‘...ik in de loop van verleden jaar geen ogenblik heb onverlet gelaten en alles heb achterna gelopen ten einde voor myn laboratorium zooveel mogelijk instru-

menten binnen te halen uit de recuperatie depots' en het als een sanctie aanvoelde dat zijn laboratorium niet kon delen in de gift. Hij voegde tevens een wenslijst toe voor technische steun en nieuwe apparatuur, onder andere een elektronenmicroscop. Er volgde een kort antwoord van rector Van Waeyenbergh dat hij voor 2 miljoen frank instrumenten kon bestellen.³⁹

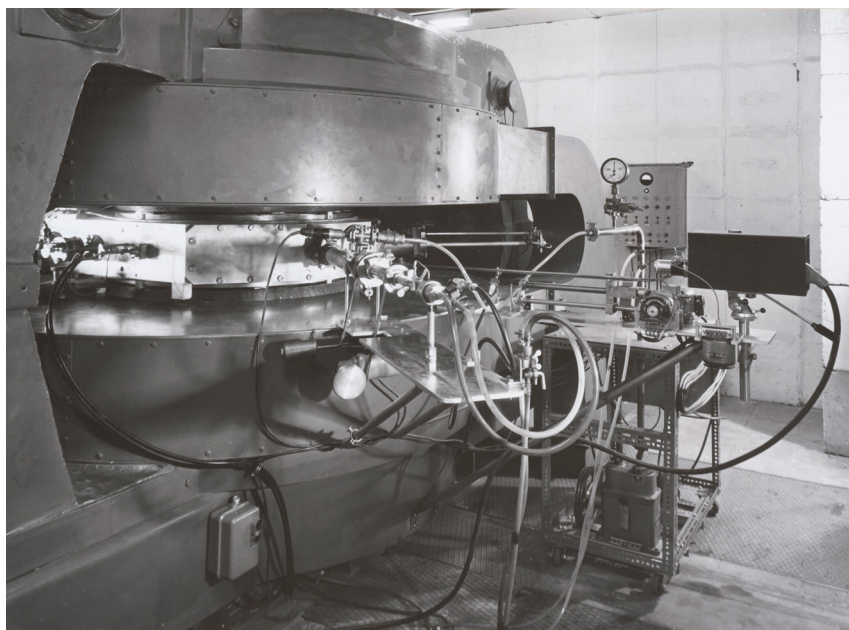
De kernfysici van het College van Premonstreit verhuisden in oktober 1949 naar het nieuwe gebouw in Heverlee, dat nu het Institut Interuniversitaire de Physique Nucléaire – Centre de Louvain huisvestte. Daar kwam in 1951 de elektromagneet voor het cyclotron aan, geconstrueerd door ACEC. Het 12MeV⁴⁰-cyclotron werd op 16 juli 1952 opgestart voor de interne productie van radioactieve isotopen en snelle neutronen. De vandegraaff-generator produceerde in 1954 de eerste proton- en deutronbundels met een versnelspanning van 600 kV voor de productie van mono-energetische neutronen. In hetzelfde jaar ontving het centrum 4 miljoen frank van Union Minière, ditmaal voor een radiochemisch laboratorium ter behandeling van de door het cyclotron geleverde radio-isotopen. In het academiejaar 1954–1955 werden in Leuven, als eerste in België, universitaire colleges in de kernfysica gegeven.

Naast de creatie van het Institut Interuniversitaire de Physique Nucléaire – Centre de Louvain waren er vroeger reeds plannen om een Centre d'Energie Nucléaire – section de Louvain op te richten, waarvan Tavernier directeur zou worden. Rector Van Waeyenbergh schreef in mei 1950 aan De Hemptinne en aan Van Itterbeek dat het toch wenselijk zou zijn dat de twee taalsecties op een of andere manier aan bod zouden komen in het nieuwe centrum.⁴¹ Van Itterbeek antwoordde dat er contact opgenomen zou worden met collega De Hemptinne. Maar met de transformatie in 1951 van het Interuniversitair Instituut voor Kern-Physica in het Interuniversitair Instituut voor Kernwetenschappen werd kernenergieonderzoek volledig uit de universiteiten gehaald. Guy Tavernier verliet daarna de universiteit en vertrok naar Union Minière.

Van Itterbeek, die ondertussen de Tienjarige Staatsprijs voor de Fysica gekregen had, diende ook projecten in bij het IIKW. Zo was Lieven Van Gerven (1928–2002) de eerste Vlaamse IIKW'er in Leuven. De projecten werden omschreven als kernfysica bij lage temperaturen, een wat vreemde benaming als men weet dat de kernfysica niet gevoelig is voor lage temperaturen. De projecten waren meestal gebaseerd op materiaalonderzoek met behulp van de kernspinresonantietechniek.⁴² Deze techniek maakt gebruik van een van de eigenschappen van de kern, namelijk de kernspin, maar dit



Aankomst van de elektromagneet van het cyclotron in het Arenbergpark, Heverlee (januari 1951).



Het eerste cyclotron in België (1952).



Jules Van Eyken repareert de vandegraaff-generator (ca. 1952)



Groepsfoto in het Arenbergpark van Heverlee Uiterst links staat Jules Van Eyken, links van de dames Paul Capron, rechts van de dames Marc de Hemptinne met ernaast Jean-Marie Delfosse (ca. 1953).

kan men bezwaarlijk kernfysica noemen. Verschillende keren ontstonden er discussies in de wetenschappelijk commissie van het IIKW, meestal bij besparingen, of dit soort projecten wel paste in de onderzoeksstrategie.

In 1960 werd in het Arenbergpark een stuk bijgebouwd aan het Centre de Physique Nucléaire de Louvain. Het omvatte een hall voor experimentele opstellingen gekoppeld aan het cyclotron en een toren voor de nieuwe vandegraaff-generator met een 4,4MV-versnelspanning, aangekocht bij High Voltage Engineering Corporation. Op een film opgenomen in 1961 bij de aankomst van de vandegraaff-generator in het Arenbergpark was naast De Hemptinne zijn toekomstige opvolger Pierre Macq (1930–2013) te zien.⁴³ Macq vertelde in zijn toespraak bij de viering in 2002 van de honderdste verjaardag van Marc de Hemptinne⁴⁴ hoe hij na zijn beëindiging van zijn kandidatuur burgerlijk ingenieur, gecombineerd met de kandidatuur in de natuurkunde, in 1951 het Institut Interuniversitaire de Physique Nucléaire – Centre de Louvain bezocht. Het is een mooie beschrijving van het laboratorium in het Arenberg park, zijn bewoners en hun activiteiten. Op het einde van het bezoek leidde Delfosse Macq naar het bureau van ‘Monsieur de Hemptinne, le grand patron’. Die besliste dat Macq mag beginnen aan een licentiaat in de natuurkunde maar niet in de moleculaire spectroscopiegroep, Macqs voorkeur, maar in de kernfysicagroep van Tavernier. Deze beslissing was van groot belang voor de kernfysica in Leuven.



Bezoek op 24 januari 1955 van Koning Leopold III aan het "Centre de Physique Nucléaire de Louvain". Marc de Hemptinne geeft uitleg, Rector Honoré Van Waeyenbergh kijkt toe.

Macq doceerde in 1955 en keerde na zijn militaire dienst terug naar Leuven, waarna hij in 1957 voor een jaar vertrok naar het Radiation Laboratory van Lawrence in Berkeley. Eenmaal terug in België bouwde Macq een sterke groep uit rond het cyclotron met onder anderen Jules Deutsch (1931–2011), Lazslo Grenacs (1933–2017) en Peter Lipnik (1931–2013), vluchtelingen uit Hongarije na de opstand van Budapest in 1956. Hij was het die zorgde dat op 3 juni 1959 de eerste bundel uit het cyclotron geëxtraheerd werd, zichtbaar in lucht. Een intern rapport van 1961 beschrijft de activiteiten van de laboratoria van kernfysica, kernchemie en molecuulfysica in Heverlee voor de periode 1950–1960.⁴⁵ De Hemptinne en Macq leidden de grootste divisie, Accélérateurs, étude aux basses énergies. De divisie bestond uit een technische en administratieve groep en uit een reeks onderzoeksgroepen, in totaal 36 personen. Hier werden voor het eerst Paul Mariens en Romain Coussement vernoemd, die een hoofdrol zullen spelen in het oprichten van een Nederlandstalige kernfysica-afdeling in Leuven. Het onderzoekswerk behelsde kernreacties, de studie van de zwakke interactie, kernspectroscopie en de bepaling van de kernconstanten. De tweede divisie, Chimie nuclé-

aire, bestond uit vijftien personen en werd geleid door Paul Capron. Hier gebeurde onderzoek naar de isomere veranderingen in scheikundige producten onder invloed van kernbotsingen en naar dateringen met behulp van de koolstof-14-methode.⁴⁶ De derde divisie, Spectrographie de masse, werd geleid door Delfosse, bestond uit zes personen en concentreerde zich rond massametingen van stabiele en radioactieve isotopen met behulp van een hogeresolutie-massaspectrograaf. De vierde divisie, Physique moléculaires, werd geleid door De Hemptinne. Het was het restant van het ooit glorieuze Laboratoire de Spectroscopie en werd door De Hemptinne zelf omschreven als de bijenkorf waaruit de nieuwe divisies ontstonden, maar die nu door jonge studenten als onaantrekkelijk beschouwd wordt. Het is niet duidelijk hoeveel mensen er nog in deze divisie werkten. Het verslag maakte verder melding van een totaal van 121 publicaties in de voorbije 10 jaar.

De breuklijn tussen lage- en hoge- energiefysica

Ondertussen stond de ontwikkeling van deeltjesversnellers niet stil. Alsmar grotere energieën konden bereikt worden. Er kwam een indeling in categorieën. Het Leuvense cyclotron met zijn 12 MeV behoorde tot de categorie lage-energie-deeltjesversnellers. Het Bevatron dat in 1954 in Berkeley opgestart werd, versnelde deeltjes tot 6,2 GeV, een energie ongeveer vijf miljoen keer groter dan de energie van het Leuvense cyclotron – duidelijk een hoge-energieversneller. De investeringen in de hoge-energiesector werden zo groot dat individuele landen in Europa dit niet meer op nationaal vlak konden realiseren. Er moest samengewerkt worden. Zo werd op 29 september 1954 het Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) opgericht met onder andere België, samen met nog elf landen, als stichtend lid. Op de grens tussen Zwitserland en Frankrijk werd het deeltjesversnellerscomplex opgebouwd. De jaarlijkse bijdrage van België aan CERN (10 miljoen Belgische frank in de beginjaren) werd betaald via het IIKW, gebruikmakend van het uraniumgeld.⁴⁷ Er stond dan wel ‘Nucléaire’ in de benaming van het CERN, maar die term dekte al snel de lading niet meer. De fysica was een nieuw domein ingetreden: de deeltjesfysica.

In de jaren 50 ontstonden uit de kernfysica twee gemeenschappen die verschilden in zowel hun studieobject, de atoomkern zelf met de interactie tussen de nucleonen ofwel de elementaire deeltjes die de nucleonen van de atoomkern opbouwen, als in de gebruikte methodiek. Om de kernstruc-

tuur te doorgronden, moet men vele kernen in verschillende vormen van excitatie onderzoeken. De kernkracht laat zich moeilijk ontrafelen. Bij de deeltjesfysica bouwt men na een exploratieperiode specifiek versnellers om bepaalde deeltjes, voorspeld door de theorie, te ontdekken en hun eigenschappen te bepalen.

Naast het cyclotron en de vandegraaff-generator in Leuven waren er ook deeltjesversnellers aan de vijf andere centra die gesteund werden door het IIKW. Het Leuvense cyclotron had het hoogste energiebereik. Sommige van die apparaten waren al zo lang in opbouw dat de onderzoeksmotivatie enkel de realisatie van het apparaat bleek te zijn, aldus George B. Collins (1906–2001), directeur van het hoge-energielaboratorium van Brookhaven, VS in zijn kritische rapport over de zes kernfysische centra in België, aangevraagd door het IIKW.⁴⁸ Zijn conclusie was dat die gespreide aanpak van zes centra, die overigens weinig of niet samenwerkten, niet zal leiden tot een sterke en groeiende gemeenschap van fysici nodig om te voldoen aan de eisen die de maatschappij aan wetenschap en technologie stelt. Collins weet dit aan het volgende: ‘... nuclear physics, the field of endeavour of the centers, is no longer the most important one in physics. When the centers were established, nuclear physics was of the utmost importance, but this branch of physics has declined as far as pure research is concerned and is no longer suitable as a major source of inspiration to young physicists.’ Zijn oplossing was om zich volledig te richten naar de deeltjesfysica en daarvoor binnen het IIKW een zevende centrum op te richten waarvoor jonge mensen *‘de classe’* uit de zes andere centra gehaald zouden worden, naar het buitenland gestuurd voor extra training om dan bij terugkeer in het nieuwe instituut ingeschakeld te worden.

Het rapport-Collins bracht veel discussie. Hij wilde de kernfysica begraven en alles op de deeltjesfysica zetten. Hij pleitte voor de in Amerika ontstane Big Science-aanpak. Was dit een model dat ook voor België zou werken? Zou dit leiden tot die fysici waar de maatschappij naar vroeg? Ondersteunde deze aanpak nog de ontwikkeling van de kernenergie? Het waren relevante vragen. Er kwam geen heldere keuze, wel vele compromissen.

Marc de Hemptinne had al eind december 1957 een deel van het rapport kunnen inzien en hij was het duidelijk niet eens met de conclusies van G. B. Collins. Hij uitte bij rector Van Waeyenbergh zijn twijfels of Collins als expert van de hoge-energiefysica wel op de hoogte was van de mogelijkheden van de lage-energiefysica.⁴⁹ Hij was ook gekant tegen de creatie van een zevende instituut, specifiek voor de hoge energieën. De leegte

die zo in de zes instituten zou ontstaan, beschouwde De Hemptinne als catastrofaal. Hij steunde wel het principe om jonge mensen naar het buitenland te sturen, maar ze moesten terugkeren naar hun eigen universiteit.

Ook het Commissariaat voor Atoomenergie liet van zich horen. Het stelde in 1959 de Werkgroep over het Kernenergiebeleid aan om een Belgisch Programma voor Kernenergie voor de jaren 1960–1962 op te stellen.⁵⁰ Daarin werd ook de rol van het IIKW besproken: ‘Het IIKW zal de taak voortzetten die het altijd als zeer belangrijk heeft beschouwd, namelijk *de opleiding van mensen* waarop de universiteitslaboratoria, het Studiecentrum voor Kernenergie, sommige laboratoria van de verschillende Onderzoekscentra en de nijverheid, te zijner tijd een beroep zullen doen.’ Er werd, zij het aarzelend, gewezen op de wenselijkheid van nieuwe uitrusting. De oprichting van een Interuniversitair Laboratorium voor Hoge Energieën diende te worden bevorderd. Het is vanuit de kernenergiehoek maar een lauwe oproep voor verdere steun aan universitair basisonderzoek.

Het IIKW kwam onder druk te staan. Het budget kwam in 1960, na het verdwijnen van de over-taks, volledig onder de bevoegdheid van het ministerie van Economische Zaken. Er waren de discussies rond het rapport-Collins en de universiteiten hielden er verschillende meningen op na wat kernwetenschappen nu juist inhield. Met de toenemende deelname aan het CERN vroeg men zich af wat er nog moest/kon gebeuren in België.

Het IIKW reageerde en verspreidde in oktober 1960, *strictement confidentiel*, een discussietekst met voorstellen om de activiteiten gesteund door het IIKW te reviseren.⁵¹ Het IIKW-voorstel impliceerde een specialisatie voor elk van de universiteiten. Leuven zou zich concentreren op de lage energieën, Gent op de middenenergieën⁵², Luik op radio-isotopen voor biologische en medische toepassingen en Brussel op kernfusie en op de kernemulsietechniek⁵³ gebruikt bij hoge energieën. Wat strikt genomen geen basiskernfysica, -kernchemie of -deeltjesfysica was, moest geleidelijk afgestoten worden en opgevangen met universitaire budgetten. Door de wet van 2 augustus 1960 over de financiering van de universiteiten kwamen er veel middelen vrij voor een dergelijke opvang. Zo werden er in 1959 nog subsidies gegeven aan 33 scheikundige en fysische laboratoria; in 1962 waren er dat slechts 17 meer. In dit verband deed het IIKW een voorstel aan Van Waeyenbergh om de radiobiologie in Leuven uit de IIKW-financiering te halen, zodat er wel geïnvesteerd kon worden in vernieuwing van de apparatuur van het Centre de Physique Nucléaire de Louvain (CPNL), zoals het Institut Interuniversitaire de Physique Nucléaire – Centre de Louvain voortaan werd genoemd.

Verder volgde het IIKW in 1961 een suggestie uit het rapport-Colins en richtte het Belgisch Interuniversitair Laboratorium voor Hoge Energieën (BILHE) op, met de lokalen van de Koninklijke Militaire School als vestigingsplaats. Onderzoekers van Brussel, Gent, Leuven en Mons vervoegden het instituut en concentreerden zich op de bellenvattechniek om elementaire deeltjes in botsingen te identificeren. Deze techniek was vele malen sneller dan de kernemulsietechniek, gebruikt aan de Université libre de Bruxelles (ULB). Maar het laboratorium van de ULB onder leiding van professor Jean Sacton (1934–2021) verkoos zich eerder onafhankelijk van het BILHE te plaatsen en zo de kernemulsietechniek verder te ontwikkelen. Kort na de splitsing van de unitaire Brusselse universiteit in de Nederlandstalige Vrije Universiteit Brussel (VUB) en de Franstalige ULB besloten ze samen in 1972 tot de oprichting van een Interuniversitair Instituut van de Hoge Energieën. Het BILHE ging in 1976 onder druk van communautaire spanningen dicht, want het BILHE was voornamelijk Franstalig. De onderzoekers werden over de verschillende centra verdeeld.

De rijkssubsidie van het IIKW bedroeg in 1963 85 miljoen Belgische frank, steeg vanaf 1964 naar 106 miljoen Belgische frank en bleef constant tot 1969. De voortdurende stijging van lonen en prijzen noopte het IIKW om verder keuzes te maken. Het IIKW had wel duidelijk gekozen voor de deeltjesfysica met experimenten op CERN, maar subsidieerde uiteindelijk toch verder kernfysisch en kernchemisch onderzoek in de universiteiten met zelfs nog uitgebreidere apparatuur (zie tabel 2).⁵⁴

Tabel 2: IIKW-gefinancierde installaties in de lage-energie- en radiochemische sector aan de Belgische universiteiten in 1967

Leuven	Cyclotron voor deutronen van 12 MeV en alfabundels van 24 MeV
	Vandegraaff-elektronenversneller van 4,4 MV
Gent	Lineaire elektronenversneller van 90 MeV, aangekocht in 1965 ter vervanging van de 4,3MeV-lineaire elektronenversneller uit 1953
	Versneller voor deutronen van 150 kV die gebruikt werd als neutronen generator van 14 MeV
	De onderzoeksreactor THETIS
Bergen	Cockroft-walton-versneller voor deutronen of protonen van 1,4 MeV
	Vandegraaff-versneller van 0,4 MeV, gebruikt als neutronengenerator
Luik	Vandegraaff-generator AN 400 voor alle geladen deeltjes tot 0,4 MeV
	Vandegraaff-generator voor protonen en deutronen van 2 MeV, met geanalyseerde deeltjesbundel en energiestabilisatie

Het past hier om de deeltjesversnellersinfrastructuur in België te vergelijken met wat aanwezig was in de ons omringende landen. België lag duidelijk achter. Vooreerst was er geen enkele versneller voor deeltjesfysica, waarover Frankrijk, Duitsland, Engeland, Italië en CERN wel beschikten. Ook de Belgische versnellers voor kernfysische experimenten waren een decade achter in vergelijking met de omliggende landen. Het kernfysisch onderzoek in het buitenland concentreerde zich op versnellers van deeltjes zwaarder dan heliumkernen en met energieën boven de 10 MeV. België had zo geen versneller. Dergelijke zogenaamde zware-ionenversnellers waren aanwezig of in opbouw in Duitsland, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk, Italië, Nederland, Denemarken, Zweden en Zwitserland. België speelde zeker niet in de topklasse van de kernfysica en de deeltjesfysica.

Het IIKW realiseerde zich dat ook. Maar er waren duidelijk onvoldoende budgetten beschikbaar om de infrastructuur en instrumentatie van de verschillende lage-energieversnellers te vernieuwen. Er ontwikkelden zich in de periode 1961–1964 verscheidene initiatieven om ook het kernfysisch onderzoek (lage- en middenenergie) te coördineren en zo op het niveau te komen van de omliggende landen. Dit culmineerde in een uitgebreid, goed gedocumenteerd voorstel-De Hemptinne–Demeur (1922–2012)⁵⁵ voor een Nationaal laboratorium van de Lage Energie.⁵⁶ Dit werd opgebouwd rond een elektrostatische zware-ionenversneller van het tandemtype. Het laboratorium zou ergens tussen Brussel en Leuven komen. Het draaide evenwel op niets uit, want opnieuw was het moeilijk om alle universiteiten en centra op één lijn te krijgen. Maar het idee voor een nationaal laboratorium voor de lage energie flakkerde 2 jaar later weer op en werd, weliswaar in een andere vorm, ook gerealiseerd.

Pierre Macq en het cyclotron van Louvain-la-Neuve

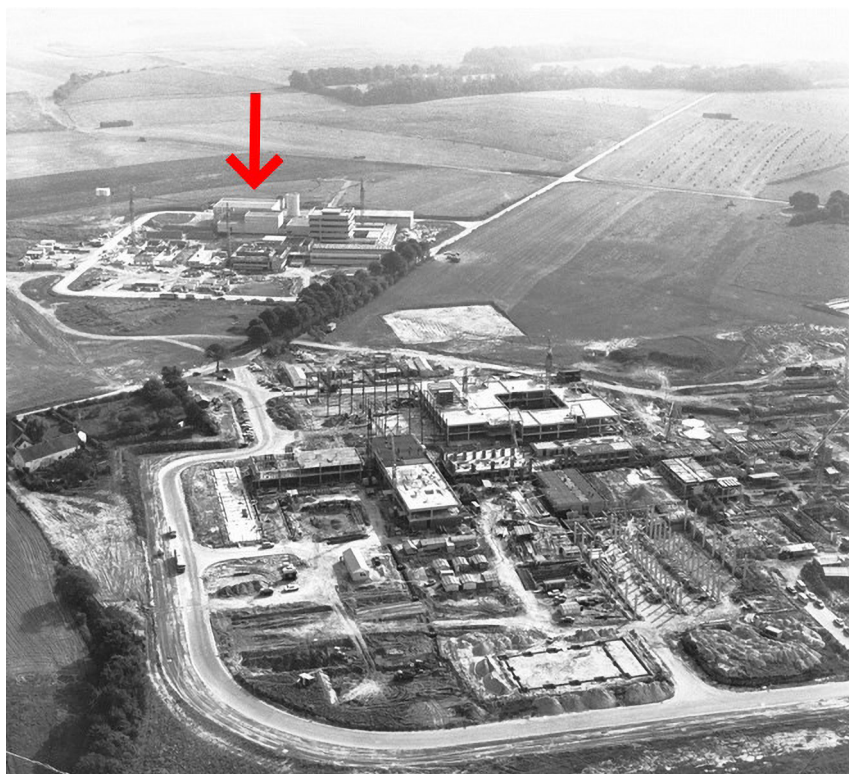
Alvorens hier verder op in te gaan, is het nodig om de grote veranderingen toe te lichten die zich in de periode 1960–1968 voltrokken aan de tot dan toe tweetalige Leuvense universiteit. De toenemende taalspanningen in België zorgden ervoor dat de eisen voor een splitsing van de universiteit en een volledig Nederlandstalige universiteit sterker werden. In 1968 kondigde premier Gaston Eyskens aan dat de universiteit zou worden opgesplitst. De Nederlandstalige Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven)



Pierre Macq

bleef in Leuven. De Franstalige Université Catholique de Louvain (UCL, vanaf 2018 UCLouvain) verhuisde naar een nieuw opgerichte campus in Louvain-la-Neuve.

In december 1965 vergaderden rector Albert Descamps (1916–1980), prorector Eduard Massaux (1920–2008)⁵⁷ met de kernfysici De Hemptinne, Capron, Delfosse en Macq in het huis van Capron⁵⁸ over het voorstel om een krachtig, isochroon cyclotron aan te kopen en het te vestigen in een nieuw laboratorium net over de taalgrens.⁵⁹ Dit plan paste volledig in de aangegane verplichting voor de Franse sectie om in het Franstalig landsgedeelte nieuwe onderzoekslaboratoria in te planten. Macq schreef op 8 maart 1967 een brief naar prorector Massaux waarin hij zijn dank uitsprak voor de positieve beslissing die de academische raad genomen heeft rond het voorgestelde cyclotron.⁶⁰ Hij vermeldde ook dat zijn Vlaamse collega's, verantwoordelijk voor de kernfysica in de Nederlandstalige sectie, positief staan ten opzichte van een hogefluxversneller en geïnteresseerd zijn om hun isotopenseparator,⁶¹ die ze van plan zijn aan te kopen, aan die versneller te koppelen. Macq nam in 1968 de leiding over van het Institut de Physique Nucléaire en van het Laboratoire du Cyclotron. Op 6 maart 1969 tekenden Thomson-CSF, ACEC en de Université Catholique de Louvain-Katholieke Universiteit te Leuven



De site van Louvain-la-Neuve rond 1971. De 'Hall des Cibles' is aangegeven met de rode pijl.

het contract voor de plaatsing van een isochroon cyclotron van 80MeV-protonen op de site Université in de streek van Ottignies.⁶² Het artikel 23 van het contract vermeldde de mogelijke oprichting van twee taalsecties van de Université in verschillende juridische entiteiten.⁶³ De Hemptinne slaagde erin het IIKW ervan te overtuigen dat dit geen zuiver 'Leuven's' project was, maar dat het een sterk interuniversitaire inslag had. Bij de besprekingen in de raad van bestuur van het IIKW van de begrotingsvoorstellen voor het jaar 1971 werd het duidelijk dat het toekomstig cyclotron de hoogste prioriteit kreeg op het gebied van de lage energie.⁶⁴ Om het nationale en interuniversitaire karakter van de installatie in Ottignies verder te benadrukken, werd Marcel Demeur (ULB) de voorzitter van het Wetenschappelijk Exploitatatiecomitee.

Zoals te zien is op foto 14, waren de gebouwen voor het nieuwe cyclotron het eerste af. De eerstesteenlegging van de gesplitste Université

Catholique de Louvain vond op 2 februari 1971 plaats, in aanwezigheid van de koning, in de Hall des Cibles van het cyclotrongebouw in Ottignies. Het nieuwe cyclotron was nu volledig gemonteerd en de interne bundeltesten startten. Het cyclotron in Leuven werd op 28 juni van dat jaar finaal stilgelegd. Het 'hart' van het Leuvense cyclotron staat nu bij een van de invalslanen van Louvain-la-Neuve. De officiële inhuldiging van het CYCLONE110-cyclotron⁶⁵ gebeurde op 8 oktober 1972. Op 28 mei 1973 kreeg Pierre Macq de Francqui-prijs en in 1986 werd hij de eerste leken rector van de UCLouvain.⁶⁶

Het is niet de bedoeling om de verdere geschiedenis van het Centre de recherche du Cyclotron (CRC) in Louvain-la-Neuve te beschrijven; Macq heeft dat deels gedaan. Het is een succesverhaal geworden, voor een groot deel toe te schrijven aan de uitstekende ingenieurs, zoals Yves Jongen⁶⁷ (1948), Guido Ryckewaert (1946) en Marc Loiselet (1956). Die suggereerden telkens veranderingen en aanpassingen en zorgden er zo voor dat de machine lange tijd tot de topspelers binnen dit type deeltjesversnellers behoorde. Voor de Vlaamse kernfysici uit Leuven was het de plaats geworden waar de eerste passen werden gezet om tot volle groei te komen.

EEN 'DISNEYLAND VOOR FYSICI': DE INTREDE VAN EEN GLOEDNIEUW INSTITUUT (1958–1969)

Al vele jaren was de unitaire Leuvense universiteit systematisch bezig alle colleges te verdubbelen, zodat die zowel in het Frans als in het Nederlands gedoceerd werden. Het was binnen deze context dat rector Van Waeyenbergh in 1959 aan Paul Mariens vroeg om, zoals hij het zelf beschreef, zich het lot aan te trekken van Vlaamse studenten die zich in de kernfysica wilden bekwamen.¹ De pogingen van de academische overheid om de Nederlandstalige Van Itterbeek en de Franstalige De Hemptinne te laten samenwerken hadden tot niets geleid.

Mariens studeerde in de periode 1932–1937 aan de universiteit van Leuven wiskunde (kandidatuur) en natuurkunde (kandidatuur en licentiaat). Zijn licentiaatsverhandeling bij Van Itterbeek behandelde de voortplantingssnelheid en absorptie van ultrasonore golven in gassen. De resultaten werden gepubliceerd in het hoogstaande vaktijdschrift *Nature*.² Hij bleef tijdens zijn legerdienst (1937–1938) en als leraar aan het Sint-Jan Berchmanscollege in Antwerpen (1938–1939) verder onderzoek verrichten en publiceren. Op 25 juli 1940 doctoreerde hij met als proefstelling 'Absorptie van ultrasonore golven in gassen'. Daarna ging hij werken bij het Nederlandse elektronicabedrijf Philips, meer bepaald in de Metalix-afdeling, waar röntgenbuizen voor de medische wereld werden geconstrueerd. Rector Van Waeyenbergh, die tot 1936 directeur was geweest van het Sint-Jan Berchmanscollege in Antwerpen en zo Mariens had leren kennen, contacteerde hem in 1941 om lesopdrachten op te nemen in het Voorbereidend Instituut Leuven, het Instituut Lichamelijke

Opleiding en het Handelsinstituut van de Leuvense universiteit. Mariens bleek een uitstekende lesgever te zijn en zal uiteindelijk aan meer dan 40.000 studenten les hebben gegeven. Hij werd in 1949 docent aan de faculteit Wetenschappen. In een beschrijving van het Laboratorium voor Lage Temperaturen en Technische Fysica in 1949 door Van Itterbeek stonden dr. Paul Mariens en dr. Odiel Van Paemel (1911–2006) vermeld als verantwoordelijken voor de afdeling Toegepaste- en Elektroakoestiek.

Vanaf 1954 begon Mariens overal te lande voordrachten te geven voor het grote publiek over de atoomkern. Hij verzorgde ook zeven lezingen over ‘De wereld van het atoom’ voor de schoolradio van het Nationaal Instituut voor de Radio-omroep.³ Op die manier wekte hij bij het grote publiek belangstelling voor de wereld van de kernfysica. Zo gaf hij in maart 1954 een voordracht voor een culturele vereniging in Mol over ‘Kernreacties en hun toepassingen’. Gerard Gepts, een advocaat uit Mol, schreef aan zijn zoon op internaat in Aalst dat hij naar de voordracht is geweest en ‘Hoe “hoog” ook de uiteenzetting was kwestie van het onderwerp, toch werd het zeer bevattelijk belicht, en ik ben persoonlijk blij dit gehoord te hebben’. Na de voordracht schreef Gepts een brief naar Mariens om raad te vragen over hoe zijn zoon studies kon aanvatten rond ‘het atoom’. Mariens reageerde onmiddellijk en zei dat zijn zoon na de humaniora nog een voorbereidend jaar moest volgen om voldoende wiskundig onderlegd te zijn om ‘Physica’-studies aan te vatten. Ook wees hij op de mogelijkheid voor een doctoraat. Patrick Gepts, zoon van Gerard Gepts, behaalde zes jaar later als eerste Vlaming in Leuven een doctoraat in de kernfysica bij Mariens.⁴

Hoewel Mariens geen onderzoek verrichtte in de kernfysica, was hij voor de academische overheid toch de geschikte kandidaat om een onderzoeksgroep kernfysica te stichten in de Nederlandstalige sectie van de Leuvense universiteit. En zo ontstond in 1966 een tweede instituut voor experimentele fysica, onafhankelijk van het laboratorium van Van Itterbeek, maar wel gehuisvest bij de Franstalige fysici. Het zinde Van Itterbeek niet. Een van zijn medewerkers weg vanonder zijn vleugels, een nieuw instituut in competitie om veelbelovende studenten aan te trekken, en dan nog bij de Franstaligen. Mariens typeerde Van Itterbeek als volgt: ‘Professor Van Itterbeek regeerde zijn laboratorium alleen, met ijzeren hand. Een tweede rangpositie bevredigde hem niet; hij wou steeds vooraan staan.’⁵ Het zal nooit tot een goede samenwerking leiden.

De vraag in 1959 van de academische overheid aan Mariens om de voorbereidingen voor een Nederlandstalige kernfysica-afdeling te starten,

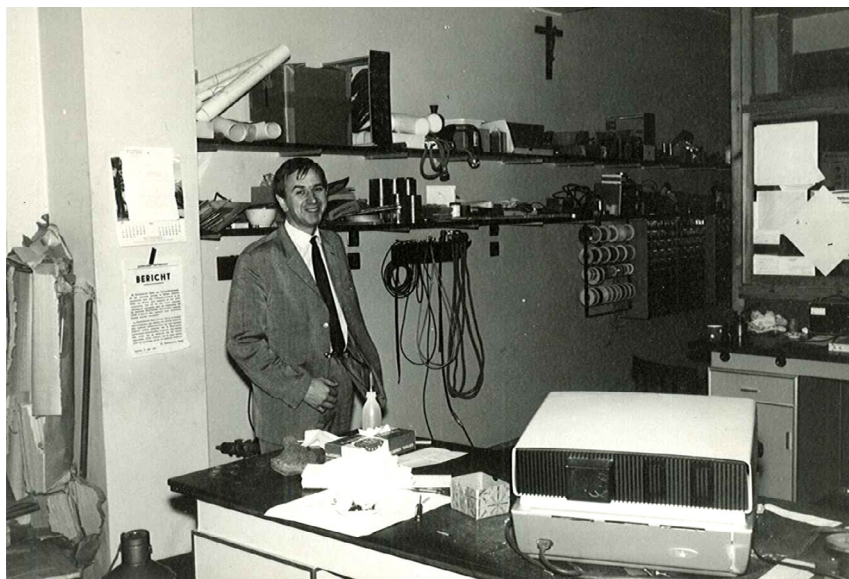
trof Mariens in een zwaar jaar. Op 4 februari 1959 stierf zijn echtgenote en liet hem achter met vier kinderen. Zijn toekomstig huis in de Huttelaan in Heverlee stond pas in de steigers. Maar de Franstalige collega's in het Arenbergpark vingen hem op.

De eerste Vlaamse doctoraten in de kernfysica

Twee licentiaten van de Nederlandse taalrol boden zich in 1959 aan: Patrick Gepts (1935) en Romain Coussement (1935–2012). Deze kleine groep kreeg onderdak in het CPNL, dat ondertussen uitgegroeid was tot een laboratorium met een zestigtal onderzoekers en technici. In 1961 vroeg De Hemptinne aan de theoretische fysicus Frans Cerulus (1927), werkzaam op CERN, om naar Leuven te komen als opvolger van Manneback en om de lessen theoretische fysica te doceren aan zowel de Franstalige als Nederlandstalige studenten. Hieruit ontstond het Instituut voor Theoretische Fysica in de Nederlandstalige sectie.⁶

Gepts promoveerde in 1962 op basis van bestralingen aan de reactor op SCK, waarbij aangeslagen toestanden van ^{165}Ho (holmium) in het verval van ^{165}Dy (dysprosium) in kaart werden gebracht.⁷ Aangezien Gepts van Mol was, besloten Mariens en De Hemptinne dat hij het best daar experimenten uitvoerde. In het weekend kon hij dan ook op het SCK de computers gebruiken, want niemand werkte daar dan. De drie jaren van het doctoraat werden financieel ondersteund met een IIKW-'Vervolmakingsbeurs'. Het behalen van het doctoraat liep niet van een leien dakje. Het manuscript was klaar, maar er moest gewacht worden op de terugkeer van Mariens uit Zuid-Afrika, waar hij drie maanden lang een rondreis maakte langs negen blanke en vier niet-blanke universiteiten. Ook verliep het op de dag van de verdediging zelf heel moeilijk, aldus Gepts, want de beraadslaging duurde uitzonderlijk meer dan drie uur, vooral door obstructies van Van Itterbeek, die de nieuwe Vlaamse afdeling kernfysica van zijn oud-student en medewerker Mariens niet zag zitten. De resultaten van dit doctoraat werden als 'Mededeling van de Koninklijke Vlaamse Academie' gepubliceerd. Mariens signeerde mee, dit was de enige keer dat hij zich als medeauteur zette op een wetenschappelijke publicatie in de kernfysica. Gepts werkte nog even op het SCK, maar verliet het onderzoek en maakte carrière in het bedrijfsleven.

Romain Coussement startte zijn studies aan de universiteit van Leuven in 1955 en werd kandidaat in zowel de wiskunde als de natuurkunde. In



Romain Coussement op het Centre de Physique Nucléaire de Louvain (ca. 1966)



Klaus Schmidt, Erik Vermeulen, Jean-Pierre Lafaut en René Boving buiten aan het Centre de Physique Nucléaire de Louvain (ca. 1966).

1959 studeerde hij af als licentiaat in de natuurkunde bij Van Itterbeek met een licentiaatsverhandeling over de 'Magnetische structuur van opgedampte ijzerfilmen'. In september 1959 begon hij zijn doctoraatsonderzoek op het cyclotron van het CPNL onder leiding van Mariens en Jules Deutsch, een van de gevluchte Hongaren op het CPNL. Ook Coussement werd financieel ondersteund via een IIKW-'Vervolmakingsbeurs'. Hij vervulde zijn militaire dienst in de jaren 1961–1962. Nog in 1962 werd hij bekroond met de prijs van de Koninklijke Vlaamse Academie voor zijn verhandeling over 'De experimentele voorwaarden tot het bepalen van de "vormfaktor" van zuiver Gamow-teller bètaovergangen'. Hij promoveerde in 1964 met als thesis 'Invloed van de hoger-orde bijdragen op de toegelaten bètaovergangen'.

De vorming van een kernfysisch programma

Een belangrijke vergadering vond op 27 september 1965 plaats tussen enerzijds De Hemptinne en Macq voor de Franstaligen en Mariens en Coussement voor de Nederlandstaligen met als doel het kernfysisch laboratorium te herstructureren in twee onderafdelingen. De Nederlandstalige afdeling van Mariens moest een kernfysisch programma voorstellen dat complementair was aan dat van de Franstalige afdeling, zodat ze niet in competitie kwamen bij IIKW-projectaanvragen. Verder werden er afspraken gemaakt rond de verdeling van het wetenschappelijk en technisch personeel en van de ruimtes.⁸

Welk complementair en autonoom onderzoek kon er aangevat worden? Er waren in 1965 vijf onderzoeksgroepen actief op het CPNL: 'Versnellers en lage-energiestudies', 'Kernreacties', 'Zwakke interacties' en 'Kernspectroscopie & bepaling van kernconstanten' 'Chemie'.⁹ Dit dekt ongeveer de hele kernfysica. Wat schiet er dan nog over?

Coussement kreeg van Mariens op 30-jarige leeftijd, hij was toen pas benoemd tot geassocieerd docent, de taak dat wetenschappelijk programma op te zetten. Mariens en Coussement bezochten samen instituten in verscheidene Europese steden: Amsterdam, Utrecht, Bonn, Nijmegen, CERN, Freiburg, Aken, Orsay, Risö en Grenoble. De keuze viel op metingen met behulp van gestoordehoekcorrelaties (*Perturbed Angular Correlations*)¹⁰ en van het mössbauer-effect¹¹. Deze hyperfijntechnieken,¹² beide gebaseerd op de straling uitgestuurd door een radioactieve kern,



Romain Coussement en Paul Mariens tijdens een studiereis in 1967 naar Japan.

leverden zowel informatie over de atoomkern zelf als over de lokale structuur waarin de kern zich bevindt. In de jaren 60 en 70 kwamen deze technieken met de opkomst van ionenimplantatie in bloei. Hierbij worden ionen met behulp van een isotopenseparator in een materiaal geschoten. Zo kunnen de radioactieve kernen op een gecontroleerde manier in het gekozen materiaal ingeplant worden. De twee technieken, de ene gebaseerd op de hyperfijninteractie en de andere op ionenimplantatie, vormden het vernieuwende luik van het onderzoeksdomein van het jonge instituut.

In 1966 werd een financieringsaanvraag ingediend bij het IIKW en in 1967 bekwam het instituut een 5-jarig navorsingsproject 'Magnetische momenten van geëxciteerde kernen'. De eerste artikels verschenen als verhandelingen en mededelingen van de Koninklijke Vlaamse Academie voor Wetenschappen, Literatuur en Schone Kunsten, kort daarna gevolgd door publicaties in internationale tijdschriften met eerst als affiliatie Centrum voor Kernfysica en vanaf 1966 Instituut voor Kern- en Stralingsfysica (IKS).

Dit laatste lijkt niet toevallig sterk op de naam van het instituut van professor Erwin Bodenstein (1926–2002): Institut für Strahlen- und Kernphysik, Universität Bonn. Bodenstein bekleedde in 1968–1969 de Francqui Leerstoel, gezamenlijk voorgesteld door het IKS en het CPNL.

Zijn lessenreeks 'Lectures on Hyperfine Interactions, a Field between Nuclear Physics and Solid State Physics' werd de inspiratiebron voor het verdere wetenschappelijk programma van het IKS. De tweeledigheid van de naam van het instituut vraagt wel wat uitleg. 'Kernfysica' is duidelijk, maar wat is stralingsfysica? Het is een tak van de fysica die de interactie van straling met materie onderzoekt. In het geval van het IKS is dat meestal radioactieve straling.

Het IKS was in 1966 uitgegroeid tot een afdeling met twaalf leden.¹³ Die bestond uit Mariens (gewoon hoogleraar), Coussement (geassocieerd docent), de KUL-assistenten René Boving (1936–1964), Jean-Pierre Lafaut (1941) en Michel Rots (1941), de NFWO-onderzoeker Ludo Vanneste (1942–2000) en de IIKW-onderzoeker Jos De Raedt (1940). De technische ploeg bestond uit de elektronicus Jozef Lemmens en Luc Dewit (1936), Jules Van Eyken (1929–2018) en Achiël Vermaelen (1936), de drie mechanici. Lemmens, Van Eyken en Vermaelen kwamen over van het CPNL. Hun expertise, opgedaan in de vele jaren op het CPNL, was uiterst belangrijk voor de start van het IKS. Er werd 2,3 miljoen Belgische frank uitgegeven voor de aanschaf van zeven apparaten en één rekenmachine. Er werd ook melding gemaakt van een budget van 5 miljoen Belgische frank, beschikbaar voor de uitrusting van het in aanbouw zijnde laboratorium. In hetzelfde jaar sloten de geassocieerde professoren Xavier de Hemptinne (1932–2012), zoon van Marc de Hemptinne, afdelingshoofd Kernchemie, en Paul Schonken (1929), hoofd van de afdeling Radioprotectie, zich aan bij de afdeling.

Een eigen gebouw voor het IKS

In de loop van 1965 vernam Cerulus dat Van Itterbeek plannen aan het voorbereiden was om op de nieuwe wetenschaps-campus in Heverlee een natuurkundig complex te bouwen, exclusief voor zijn instituut gevestigd in het College van Premonstreit. Dus zonder de Nederlandstalige theoretische fysici en kernfysici, krap gehuisvest op het CPNL, bij de plannen te betrekken. Na een interventie bij Pieter De Somer (1917–1985), toen wetenschappelijke raadgever bij Louis De Raeymaeker, prorector van de Nederlandstalige afdeling, werden Cerulus en Mariens er toch bij betrokken.¹⁴ Cerulus schreef in een voetnoot van zijn memoires¹⁵ over deze periode: 'I had lobbied for a sixth floor on the new physics building in the



Bouw Licenties Natuurkunde; uiterst rechts is te zien dat het IKS al afgewerkt en bewoond is (1968).



Paul Mariens spreekt op de welkomstreceptie in 1968 van het nieuwe IKS-gebouw. V.l.n.r. Paul Mariens, mevrouw Mariens, Paul Schonken en Michel Rots.

Celestijnenlaan and had to discuss the plans with the architect. A palace revolution had broken out among the Flemish experimentalists trying to upset the reigning monarch; the Rector had to restore order appointing a financial commissar, setting up a direction committee and designating me as its president.⁷ Uit de discussies volgden er aanpassingen aan de plannen van het complex: er kwam een zesde verdieping bij in het hoofdgebouw voor de Theoretische Fysica en een bijgebouw voor het IKS, geïsoleerd van het hoofdgebouw vanwege mogelijke stralingscontaminatie. De plannen van het IKS-gebouw moesten nog eens aangepast worden met een derde verdieping, want de noden waren duidelijk onderschat. Het IKS bestond niet enkel uit kernfysici, maar bevatte ook een afdeling Radiochemie en Radioprotectie.

Een wetenschappelijk comité bepaalt de toekomst van de natuurkunde

In de jaren 1967 en 1968 werden belangrijke beslissingen genomen om de organisatie van het beleid en het onderzoek van de nieuwe universiteit te structureren.¹⁶ Voor de groep Natuurkunde was dat des te belangrijker door de komst van het nieuwe complex Fysica op de nieuwe wetenschaps-campus aan de Celestijnenlaan in Heverlee.¹⁷ Prorector De Somer installeerde een Wetenschappelijk Comité, bestaande uit de professoren van de groep Natuurkunde en hoogleraren en docenten van andere faculteiten waarvan de activiteit zich hoofdzakelijk situeerde in het gebied van de natuurkunde. Ook kwam er een directiecomité, gekozen uit de werkelijke gebruikers van het nieuwe fysicacomplex in Heverlee. De academische overheid wenste dat Van Itterbeek de voorzitter werd van beide comités. Het Wetenschappelijke Comité had als taak het onderzoeksprogramma, de ruimteverdeling en de uitrusting van het nieuwe complex vast te leggen. Bij de aanvang van de besprekingen concentreerde het natuurkundig onderzoek van Leuven-Nederlands zich op vier secties: het Instituut voor Lage Temperaturen en Technische Fysica onder leiding van Van Itterbeek, de afdeling Algemene en Experimentele Natuurkunde II onder leiding van Alfons De Bock (1920–2006), het IKS onder leiding van Mariens en Theoretische Fysica onder leiding van Cerulus.¹⁸

Een jaar lang vergaderde het Wetenschappelijk Comité en werden achttien rapporten besproken. Ondertussen werkte men ook aan de departementalisatie, namelijk om van de groep Natuurkunde een departement

te maken, zich inschakelend in de nieuwe structuur van de universiteit. Na het overlijden van Van Itterbeek in 1968 werd zijn instituut ontbonden. Het nieuwe Departement Natuurkunde met Van Gerven als voorzitter bestond nu uit zes onderzoeksafdelingen, namelijk Akoestiek en warmtegeleiding; Kern- en stralingsfysica; Molecuulfysica; Theoretische fysica; Vastestoffysica en Magnetisme; Vastestof- en Hogedrukfysica met daarnaast een afdeling Didactiek. Om die afdelingen te bevolken was er in de periode 1965–1969 een drukke academische benoemingsronde met onder andere acht nieuwe leden bij het Zelfstandig Academisch Personeel (ZAP), gerekruteerd uit de eigen doctoraatstudenten. De jongste was 27 jaar, de oudste 35. De opdeling in afdelingen is, op het verdwijnen van Molecuulfysica en wat naamsveranderingen, tot een stuk in de 21ste eeuw behouden gebleven.

Het rapport, ingediend begin 1968 door Mariens en Coussement bij het Wetenschappelijk Comité,¹⁹ bevatte naast een beschrijving van de bestaande experimentele opstellingen ook de plannen voor de toekomst. Die bestonden uit:

1. onderzoek aan een isotopenseparator voor implantatie van langlevende isotopen;
2. onderzoek met een ^3He - ^4He -refrigerator²⁰ voor kernoriëntatie en onderzoek aan gepolariseerde kernen;
3. onderzoek aan een isotopenseparator ‘on-line’ geplaatst aan een versneller of reactor en dit voor studies op kortlevende kernen.

Het IKS opteerde voor zowel onderzoek in de eigen laboratoria (item 1 en 2) als onderzoek aan andere instellingen (item 3). Op het IKS gebeurde er onderzoek op langlevende kernen en werden nieuwe technieken ontwikkeld voor zowel de inhuismetingen als voor gebruik buitenshuis. Er werd niet geopteerd voor een eigen versneller voor de productie van kortlevende kernen, omdat dit te veel investeringen en mankracht vergde om competitief te blijven. Deze beleidslijn werd aangehouden tijdens de hele geschiedenis van het IKS.

Verder wilde het IKS van nabij de ontwikkelingen van de hoge-energiefysica volgen en zeker wanneer CERN de 300 GeV-versneller in België zou bouwen.²¹ Maar ‘... het is zeker niet de bedoeling om het onderzoek bij lage energie – ook niet in de verdere toekomst – te verwaarlozen: het werkterrein is immers zeer uitgebreid terwijl de grote didactische waarde van de opleiding niet kan ontkend worden’.

Coussement werd ook later nog een aantal keren gevraagd om zich aan te sluiten bij de deeltjesfysica, maar zal daar nooit op ingaan. De onderzoeksgroepen in de subatomaire fysica²² bij de andere Belgische universiteiten deden dat wel. Zo ontstond er in veel gevallen een soort spagaathouding waarbij er geïnvesteerd werd in zowel kernfysica als deeltjesfysica, veelal leidend tot versmachtende, interne competitie.

In de zomer van 1968 betrof het IKS als eerste van de natuurkundigen zijn eigen laboratorium op de nieuwe campus in Heverlee in wat toen het gebouw 'Licenties Natuurkunde' werd genoemd. Het IKS-gebouw stond volledig in onderdruk om bij een ongeval de radioactiviteit in het gebouw te houden. Verder was er een bunker voor de stockage van radioactieve bronnen met eraan verbonden een radiochemisch laboratorium voor de bereidingen van de bronnen. Er waren goed uitgeruste elektronica- en mechanica-werkplaatsen, een donkere kamer, een bibliotheek, een collegezaal, een rekenkamer, laboratoria en kantoren. Verschillende laboratoria waren uitgerust met perslucht, koelwater, gasleidingen voor stikstof (N) en helium (He). Het meubilair voor de bibliotheek en de bureaus van de hoogleraren waren van uitstekende kwaliteit.²³ Mariens, Coussement, Xavier de Hemptinne en Schonken vormden het ZAP-kader, het wetenschappelijk personeel (WP) telde elf leden, het administratief en technisch personeel (ATP) telde er zeven.

Wekelijks werden er 'Beleidsbesprekingen' gehouden met alle leden van het academisch en wetenschappelijk personeel en met de verantwoordelijke voor de elektronicawerkplaats, Erik Vermeulen (1941); de mechanicawerkplaats, Jules Van Eyken; en de onderhoudswerkplaats, Luc Dewit.

De groeikansen van het jonge instituut

De keuze van het IKS voor kernfysica was niet bepaald hoopgevend, aangezien het IIKW, de belangrijkste financieringsbron, eerder koos voor deeltjesfysica op CERN en er zelfs voorstellen werden besproken om te snoeien in het kernfysisch onderzoek. Ook de afspraak van 1965 met de kernfysici van Leuven-Frans om het IKS-onderzoeksprogramma complementair te maken aan dat van het CPNL, betekende dat de jonge onderzoekers van het IKS zich moesten inwerken in een nieuw onderzoeksdomein. Met het vertrek van de CPNL-kernfysici naar Ottignies stond het IKS er alleen voor. Wel was in Ottignies het CYCLONE110-

cyclotron van de Université Catholique de Louvain in volle opbouw. De komst van dit cyclotron, de krachtigste deeltjesversneller in België, schiep vele mogelijkheden voor kernfysisch onderzoek dicht bij huis.

Een belangrijke ontwikkeling, erg bepalend voor de groei van het IKS, was de verhuizing in de zomer van 1968 naar de nieuwe wetenschapscampus in Heverlee. Het gloednieuwe Licenties Natuurkunde-gebouwencomplex aan de Celestijnenlaan 200D was als een van de eerste in Leuven in al zijn bouwelementen opgevat als laboratoriumgebouw, uitgerust met allerlei voorzieningen voor een experimentele uitbouw, 'een Disneyland [...] voor spelende fysici' volgens De Somer bij de inhuldiging.²⁴ En het was ook het eerste gebouw dat juridisch volledig het eigendom was van de Nederlandstalige Katholieke Universiteit Leuven (KUL, later KU Leuven). Maar naast de ruime financiering voor de gebouwen was er ook substantiële financiering voor nieuwe experimentele uitrusting. Het is niet duidelijk vanwaar die kredieten afkomstig waren en hoe ze verdeeld werden.

De verhuizing van het Arenbergpark naar de Celestijnenlaan betekende ook dat het IKS zichtbaarder werd voor de studenten in de eerste licentie, die op het einde van het academiejaar hun keuze voor hun eindwerk moesten maken. Zo hadden in de periode 1959–1968 maar zeven studenten de stap gewaagd.²⁵ Het IKS was toen duidelijk nog niet bekend bij de studenten. Daarom vroeg Mariens aan WINA, de faculteitskring van studenten in de wis- en natuurkunde, om toch uitgenodigd te worden op de jaarlijkse informatieavond die de vereniging inrichtte.²⁶ Het effect daarvan was onmiddellijk zichtbaar. In de periode 1969–1978 steeg het aantal licentiaatsthesisen al tot 37.

Naast die lokale ontwikkelingen waren er ook belangrijke veranderingen op til op nationaal vlak. De initiatieven van de Belgische regering om de Vlaamse achterstand in het wetenschappelijk onderzoek weg te werken, creëerden nieuwe mogelijkheden. Vanaf 1970 werden de budgetten van het NFWO en de geassocieerde fondsen, dus ook van het IIKW, opgesplitst per taalgemeenschap.²⁷ Het was duidelijk dat er geen taalenwicht was in de toegekende budgetten. Zo bedroeg het totale budget van het IIKW in 1970 143 miljoen frank, waarvan 105 miljoen voor de Franstalige en 38 miljoen voor de Nederlandstalige sectie.²⁸ Theo Lefèvre (1914–1973) belast met het Wetenschapsbeleid, kwam met een inhaalplan dat essentieel bestond uit inhaalkredieten voor Nederlandstalige onderzoeksgroepen. Pas in 1980 zou de balans overslaan in het voordeel van de Nederlandstalige sectie.

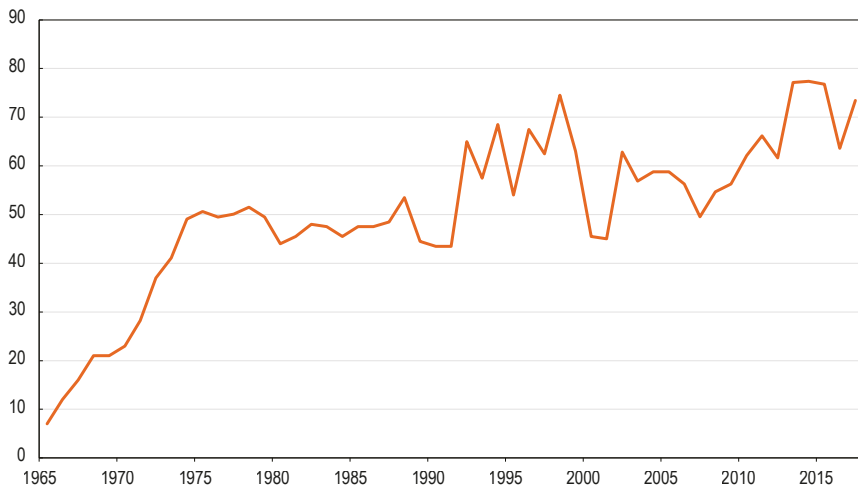
Er was evenwel een opmerkelijk verschil in de IIKW-financiering van de Vlaamse universiteiten. Zo ging er in 1970 van de 38 miljoen van het IIKW voor de Nederlandstalige sectie slechts 11 miljoen naar Leuven, waarvan 8 miljoen naar het IKS. Aan de universiteit van Gent waren er goed uitgebouwde onderzoeksgroepen rond de 90MeV-lineaire elektronenversneller en TETHRIS, de onderzoeksreactor. In Brussel kende de deeltjesfysica een grote uitbreiding na het akkoord tussen de VUB en de ULB over de oprichting van het Interuniversitair Laboratorium voor Hoge Energie. In Leuven bleven er, na het vertrek van de Franstalige kernfysici, maar vier groepen over die aanvragen konden indienen bij het IIKW: het IKS, het Instituut voor Lage Temperaturen en Technische Fysica, het Instituut voor Theoretische Fysica en het Laboratorium voor Radiochemie. Misschien toevallig, maar na het overlijden in 1968 van Van Itterbeek volgde een reeks incidenten rond het project 'Kernfysica bij Lage Temperaturen' van het Instituut voor Lage Temperaturen en Technische Fysica. Het IIKW-mandaat van Lieven Van Gerven, die door de universiteit opgenomen werd in het academisch personeelskader om de functies van Van Itterbeek over te nemen, werd niet weer opengesteld.²⁹ Van Gerven contacteerde rector De Somer en de situatie werd rechtgezet.³⁰ Maar kort daarop kreeg Van Gerven een brief van het Fonds voor Kollektief Fundamenteel Onderzoek (FKFO) waarin stond dat zijn project niet meer door het IIKW werd behandeld, maar doorgestuurd werd naar het FKFO. De opgegeven redenen waren budgettaire problemen en het minder passen van dit soort onderzoek binnen de prioriteiten van het IIKW. Bij het FKFO werd het project gunstig geëvalueerd.³¹ Het wegval-len van de mogelijkheden om projecten in te dienen bij het IIKW leidde tot hevig protest van Van Gerven.³² Daarbij liet hij niet na om te wijzen op zogenaamde scheve toestanden binnen het Departement Natuurkunde, waarschijnlijk omdat het IKS ruim voorzien werd van financiële middelen.³³ Hij vond gehoor bij rector De Somer.

Even een vooruitblik. Om meer IIKW-middelen naar Leuven te leiden, ondernam rector De Somer binnen de schoot van de raad van beheer van het IIKW aanhoudende pogingen om het actieterrein van het IIKW uit te breiden tot de vastestoffysica. Hij bewam in 1974 een regeling waarbij 10% van de IIKW-begroting aangewend mocht worden voor vastestoffysicaprojecten. Er werd wel geen aparte commissie binnen het IIKW opgericht, de projectaanvragen in de vastestoffysica werden beoor-deeld in de Fysicacommissie van het NFWO, maar betaald met IIKW-

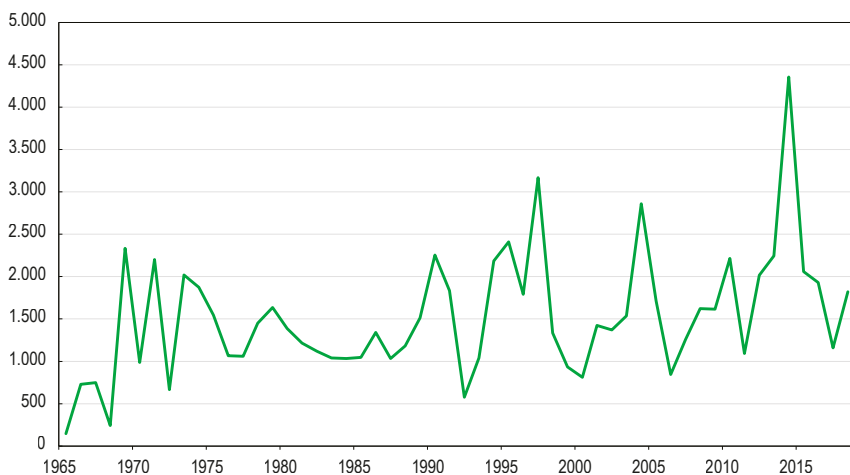
geld. Een typisch Belgisch compromis. In 1982 was de verhouding tussen de vier domeinen van het IIKW: 35% kernfysica, 24% vastestoffysica, 21% deeltjesfysica en 20% nucleaire scheikunde. De verdeling tussen de universiteiten was: KU Leuven 38%, UGent 37%, VUB 16%, UIA 5%, RUCA 3% en LUC 1%. De stijgende trend van het vastestoffysica-onderzoek was een antwoord op de ambitie van de Vlaamse regering om via de DIRV-actie³⁴ Vlaanderen een topregio te maken in sectoren zoals de micro-elektronica en biotechnologie. Verscheidene initiatieven werden gelanceerd, zoals een tweejaarlijkse 'Flanders Technology International'-beurs, een jaarlijkse Vlaamse Wetenschapsweek en natuurlijk de oprichting van IMEC³⁵. De focus op de vastestoffysica binnen het Vlaamse onderzoeksbeleid vertaalde zich bij de hervorming van de NFWO-commissies in 1986 met het oprichten van een aparte commissie Vastestoffysica.

HET WETENSCHAPPELIJK PROGRAMMA KRIJGT VORM (1970–1985)

Zoals te zien is op de grafieken 1 en 2 van de personeels- en budget-evolutie, kende het IKS een steile groei tot rond 1975. Daarna kwam het instituut in een steadystatetoestand wat het personeel en de budgetten betrof. De wetenschappelijke activiteit daarentegen groeide sterk aan.



Grafiek 1: Evolutie van het aantal AWP- + ATP-leden (licentiaat- en masterstudenten werden niet bijgeteld) van 1965 tot en met 2018.

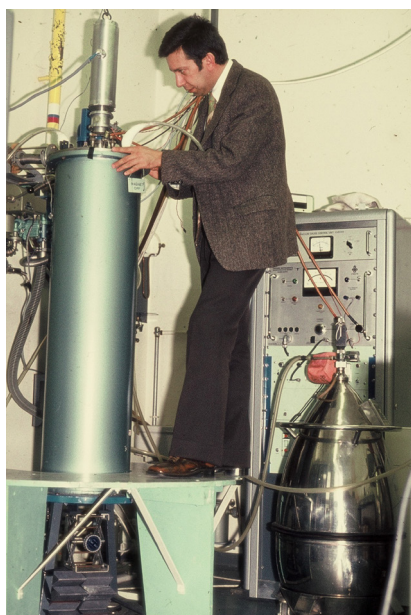


Grafiek 2: Het geïndexeerde IKS-budget (werking + uitrusting) in kilo-euro van 1965 tot en met 2018. Het referentiejaar voor de indexaanpassing is 2013. Personeelskosten worden niet meegerekend.

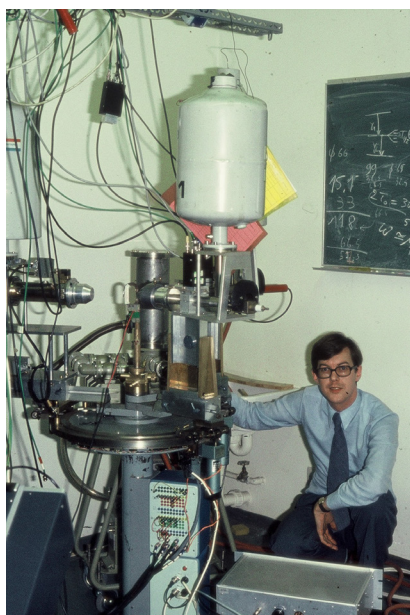
Het hyperfijninteractieonderzoek was gebouwd rond LIS, de Leuven Isotope Separator, die sinds 1969 gebruikt werd om langlevende¹ radio-isotopen in diverse materialen in te schieten. Die isotopen, afkomstig uit het SCK in Mol, het Nationaal Instituut voor Radio-elementen in Fleurus of uit het buitenland, werden geïoniseerd in een ionenbron, versneld over 50 tot 80 kilovolt, naar massa gescheiden in de magneet en in het gekozen materiaal ingeplant (zie Annex 1). Dit gebeurde allemaal in vacuüm. Daarna werd het preparaat uit het vacuüm gehaald en naar een van de drie meetopstellingen gebracht. Vanaf hier begon het eigenlijke hyperfijninteractieonderzoek. Met gestoordehoekcorrelatie, mössbauer-effect en kernoriëntatie werden zowel kernfysische eigenschappen van de radio-isotopen bestudeerd als de structuur van het materiaal waar de isotoop ingeplant was. Dit kon omdat het atomaire niveau (de banen van de elektronen) en het nucleaire niveau (de eigenschappen van de atoomkern) elkaar zwakjes beïnvloeden, de zogenaamde hyperfijninteractie. Die werd meetbaar via de straling die de vervallende kern uitstuurde. Het aantal langlevende isotopen dat in aanmerking kwam voor dergelijke studies, was wel vrij beperkt en de kernstructureigenschappen waren snel voldoende onderzocht, zodat het onderzoek zich verder concentreerde op het opmeten van de structureigenschappen van de materialen waarin geschoten werd. De klemtoon kwam dus te liggen op vastestoffysica met



V.l.n.r. Jos Odeurs, Bert Brijs en Hugo Pattyn aan de controleconsole van LIS (1971).



Klaus Schmidt bij de mössbauer-cryostaat (1972).



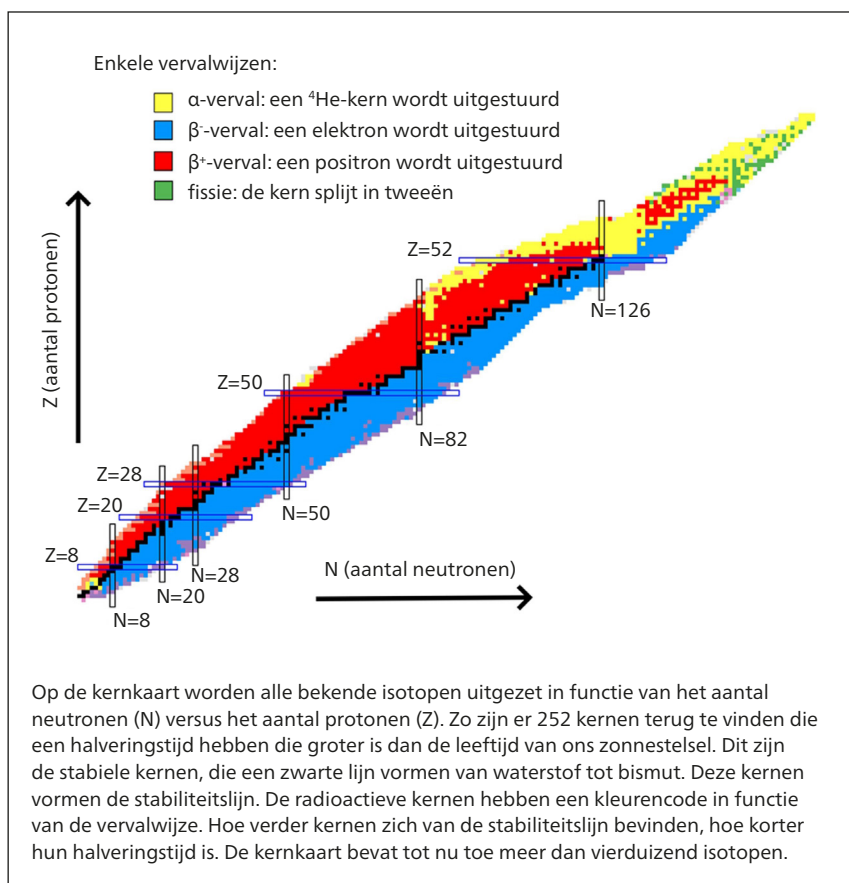
Hendrik Vandevoorde bij de hoekcorrelatieopstelling (1972).

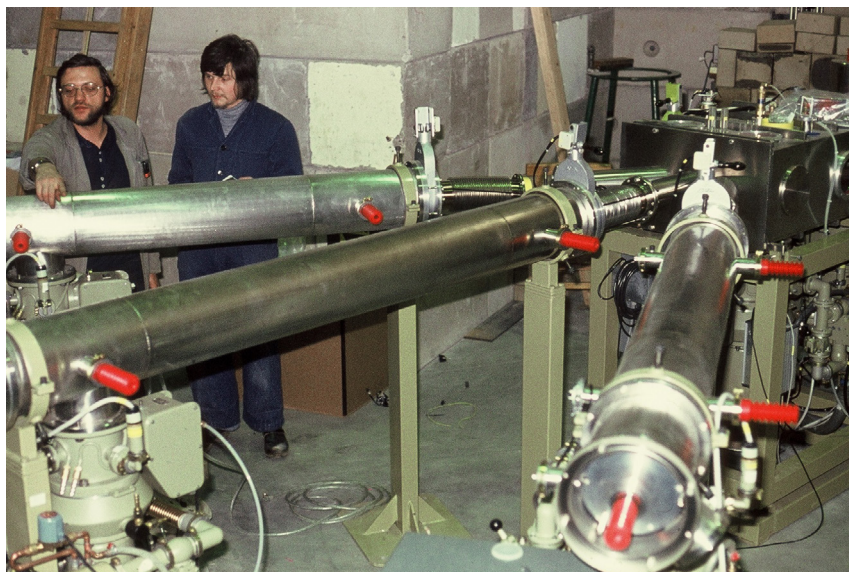
behulp van kernfysische methodes, i.e. nucleaire vastestoffysica. In tegenstelling met macroscopische technieken voor materiaalonderzoek, waar bulk- of gemiddelde eigenschappen worden opgemeten, is de hyperfijninteractietechniek microscopisch: het levert informatie over de positie van de ingeplante kern, de configuratie van de lokale burens en de eventuele heersende elektrische en magnetische velden op die plaats.

Aangezien er op het IKS enkel gewerkt kon worden met langlevende kernen en hun kerneigenschappen in grote mate al grondig bestudeerd waren, was er weinig extra kernfysisch onderzoek mogelijk. De situatie veranderde kort na 1974, want op 1 mei van dat jaar kwam er een nieuw toestel aan in de cyclotronhall van de Franstalige collega's in Ottignies. De Deense firma Danfysik leverde voor het IKS een isotopenseparator die bedoeld was om aan een van de bundellijnen van het CYCLONE110-cyclotron opgesteld te worden. De reden voor die koppeling was specifiek om kortlevende kernen te kunnen bestuderen. De aanmaak van dergelijke kernen gebeurde in kernreacties bij het bombardement van ionen, versneld door het cyclotron, van een trefplaat. Een kern van de trefplaat kon smelten met de kern van een versneld ion (een fusiereactie) en vormde zo een nieuwe radioactieve kern. De trefplaat was geplaatst in een ionenbron en van dan af werd hetzelfde procedé gebruikt als bij de LIS-separator. De radioactieve kernen werden geïoniseerd, versneld over 50 kilovolt, naar massa gescheiden in de magneet en in een meetopstelling geschoten. Het verschil met LIS was dat de productie, de selectie en het transport van deze radioactieve ionenbundel (RIB) naar een meetopstelling in lijn gebeurde ('on-line'), wat betekent op een snelle en continue manier zonder het vacuüm te verbreken. De Isotope Separation On-Line- of kort ISOL-methode ontstond in 1951 toen Otto Kofoed-Hansen (1921–1990) en Karl Ove Nielsen (1920–1996), twee Deense fysici, een uraniumtrefschijf bombardeerden met neutronen en kernen bestudeerden die eerder vanwege de korte halveringstijd niet toegankelijk waren. De kernen die op die manier bestudeerd konden worden, hadden een halveringstijd die kon gaan van uren tot milliseconden. Het waren isotopen die zodanig sterk verschilden van hun stabiele partners dat ze 'exotisch' werden genoemd. Deze kernen lagen dus ver van de stabiliteitslijn (zie tekening 1) en door hun exotisch karakter manifesteren bepaalde aspecten van de kernkracht zich veel duidelijker. Van toen af aan werden er wereldwijd verscheidene ISOL-faciliteiten gebouwd en daarvan is ISOLDE (Isotope Separator On-Line Device), de isotopenseparator van CERN, Genève zowel de langstlopende

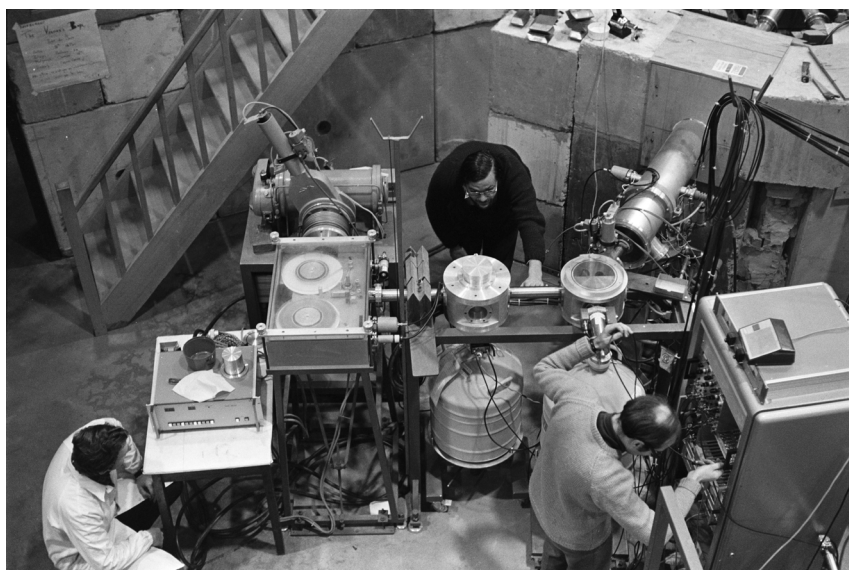
als krachtigste faciliteit. Hij was en is de referentie en zal later zeer belangrijk worden voor het IKS, vandaar een korte beschrijving. ISOLDE leverde in 1967 de eerste radioactieve ionenbundels, gebruikmakend van de proton- en deutronbundels van het Synchrocyclotron, de eerste versneller van CERN. Het onderzoeksdomein was kernfysica en behoorde niet tot de eerste missie van het CERN, namelijk de deeltjesfysica. In 1990 sloot de Synchrocyclotron-versneller. In 1992 verhuisde de opgewaardeerde opstelling naar een nieuw gebouw, waar ook plaats voorzien werd voor een tweede separator, en werd verbonden met de ProtonSynchrotron Booster. Meer dan negenhonderd onderzoekers maken nu gebruik van ISOLDE, waardoor de faciliteit de op drie na grootste gebruiker van CERN is.

Tekening 1: De kernkaart





Gerwin Dumont en Hugo Pattyn bij de drie bundellijnen van LISOL (1974).



V.l.n.r. Johnny Gentens, Gerwin Dumont en Gerard Lhersonneau aan het tapesysteem van LISOL (1976).

Op 23 januari 1975 voerde de kernspectroscopiegroep op LISOL (Leuven Isotope Separator On-line) de eerste on-line separatie uit: spectra van $^{116-121}\text{Te}$ -isotopen², met halveringstijden tussen uren en dagen, werden bekomen in de reactie van ^4He (α)-bundels van 60 MeV met Sn-trefschijven³.

Rond LIS en LISOL werd het IKS volwassen. De vaste staf groeide aan met Hugo Pattyn (1943), Roger Silverans (1946), Guido Langouche (1945) en Mark Huyse (1952). Zowel het tijdelijk wetenschappelijk personeel als het administratief en technisch personeel liep op tot een twintigtal leden. Onder leiding van Vermeulen werd er een sterke elektroniciadiens opgebouwd. Verschillende data-acquisitiesystemen, aangepast voor de experimentele opstellingen, werden gebouwd op PDP-8- en PDP-11-computers. Van Eyken leidde de mechanicaploeg in de departementale werkplaats en Dewit de lokale onderhoudsploeg. Wat LISOL betreft, verzorgden Bert Brijs en Johnny Gentens (1945) de technische kant van het project. Er werd veel apparatuur zelf ontworpen en gebouwd. Een mooi voorbeeld was het tapesysteem, ontworpen in 1974 door Van Eyken. Dit systeem moest de kortlevende kernen geproduceerd door LISOL via een gealuminiseerde band zo snel mogelijk voor detectoren brengen en dit elektronisch gestuurd. Het was zo goed geconcipeerd en gebouwd dat Danfysik, de Deense firma die isotopenseparatoren bouwde, het overnam. En het werkte zo goed, in tegenstelling tot vele tapesystemen in andere instituten, dat het na 40 jaar dienst op LISOL verder gebruikt werd op ISOLDE, de isotopenseparator van CERN.

Het kernfysisch onderzoek

Met de komst van het LISOL-project concentreerde het kernfysisch onderzoek zich bijna volledig op het cyclotron in Louvain-la-Neuve. Wel liep er nog vanaf 1970 tot 1988 een samenwerking met geassocieerd professor Pieter Van Assche (1934–2022) van het SCK in Mol rond de gebogenkristal-diffractiespectrometer, geplaatst aan de BR2-reactor. Maar dit project kende serieuze vertragingen, raakte nooit op het niveau van gelijkaardige opstellingen in het buitenland en werd uiteindelijk gestopt. In totaal heeft het, in samenwerking met het SCK, vier doctoraten opgeleverd.

De LISOL-opstelling had drie bundellijnen, zodat er drie verschillende experimenten opgesteld konden worden. Dit leidde tot drie IKS-onderzoeksgroepen, actief aan de LISOL-opstelling. Van in het begin

waren er onderzoekers uit binnen- en buitenland betrokken. De verdeling van de beschikbare meettijd voor wetenschappelijk onderzoek op de CYCLONE110-versneller werd bepaald door het Comité scientifique (physique) pour l'exploitation du cyclotron. Dit was een nationaal (later internationaal) comité dat op basis van wetenschappelijke argumenten voorstellen voor experimenten beoordeelde. Aangezien de versneller van Louvain-la-Neuve nationaal door het IIKW gefinancierd werd, moest het IKS enkel de elektriciteitskosten betalen. Wel waren meestal enkel de nachten, de weekends en de feestdagen vrij voor kernfysisch onderzoek, wat niet ideaal was. Tijdens de weekdagen, tenzij op feestdagen, werd het cyclotron gebruikt voor neutrontherapie, een innovatieve behandeling van kankerpatiënten.

De kernspectroscopiegroep

Het onderzoek op LISOL startte in 1975 met vervalspectroscopie op kortlevende kernen, de zogenaamde kernen ver van de stabiliteitslijn. De mogelijkheden werden sterk bepaald door drie factoren:

- 1) het aanbod van de versnelde ionenbundels ontwikkeld door de ingenieurs van het CYCLONE110-cyclotron;
- 2) de ontwikkeling van diverse trefschijf-vangstplaatje-ionenbronconfiguraties;
- 3) de beschikbaarheid van detectoren voor de verschillende types van radioactieve straling.

We geven een voorbeeld bij iedere factor. In 1974 startten Jongen en Ryckewaert, de ingenieurs van CYCLONE110, met de ontwikkeling van ionenbundels zwaarder dan helium, eerst met een interne bron en later met een externe bron gebaseerd op het Elektron Cyclotron Resonantie- of kort ECR-mechanisme. Louvain-la-Neuve werd een van de wereldleiders in de ontwikkeling van dit type ionenbron.

De trefschijf-vangstplaatje-ionenbronconfiguratie kan als het hart beschouwd worden van de ISOL-techniek. De reactieproducten gevormd in het bombardement van de versnelde bundel op een dunne trefschijf worden opgevangen door een vangstplaatje. Dit plaatje wordt zodanig opgewarmd dat radioactieve isotopen eruit diffunderen en geïoniseerd kunnen worden, om ze dan in de isotopenseparator te sturen. Dit proces moet zo efficiënt en zo snel mogelijk zijn. De mogelijkheden van LISOL stegen sterk na de introductie van de FEBIAD-bron (Forced Electron Beam Induced Arc Discharge), ontwikkeld door Reinhard



Groepsfoto op de jaarlijkse IKS-uitstap (1976).

Kirchner (1946-2007) in het Duitse versnellerscentrum Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt en in 1980–1981 naar Leuven gebracht door doctoraatsstudent Jan Verplancke (1953).

Detectors van radioactieve straling worden gekenmerkt door het type straling dat gedetecteerd kan worden en welke energie- en tijdsresolutie behaald kan worden. Johan van Klinken (1931–2015) ontwikkelde rond 1975 op het Kernfysisch Versneller Instituut in Groningen een spectrometer voor conversie-elektronen die ook gebruikt kon worden in de sterke achtergrond van het β^+ -verval. Tijdens zijn verblijf in 1977–1978 op het IKS werd zijn Mini-Orange-spectrometer verder verbeterd en gekoppeld aan het tapesysteem van LISOL.

In 1982 werd Huyse vast logistiek medewerker bij het NFWO en verantwoordelijke voor de werking van LISOL en de kernspectroscopie-experimenten. LISOL beschikte in 1982 over kwaliteitsvolle versnelde zware-ionenbundels van CYCLONE110, met de FEBIAD-ionenbron over een performant trefschijf-vangstplaatje-ionenbron, en over een heel arsenaal van stralingsdetectoren. Hiermee stond het op internationaal niveau. Dit resulteerde in de eerste artikels in *Physical Review Letters*, een van de wetenschappelijk toptijdschriften voor natuurkunde, in 1984 met Piet Van Duppen (1959) als eerste auteur⁴ en in 1985 met Els Coenen

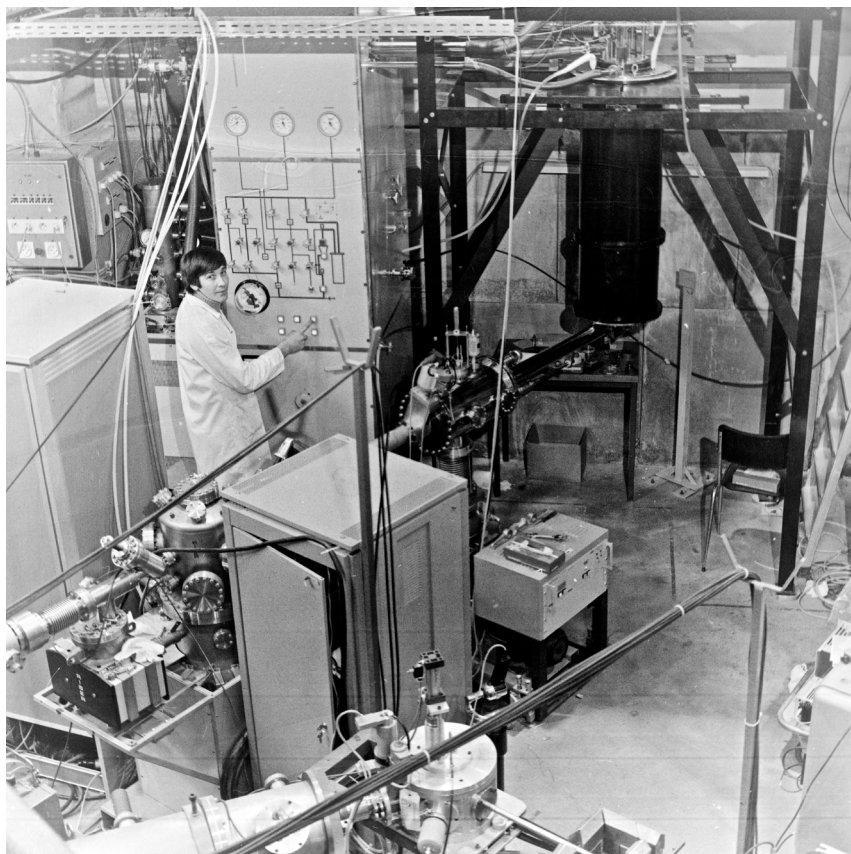
(1958) als eerste auteur.⁵ Beiden doctoreerden in november 1985. In het tweede artikel was John Wood betrokken, op *sabbatical leave* van het Georgia Institute of Technology, Atlanta, VS. Er kwam een intense samenwerking op gang met John Wood en Kris Heyde (1942–2024), theoretisch kernfysicus van de universiteit Gent, rond het fenomeen van vormco-existentie, waarbij een kern verschillende vormen kan aannemen. Deze samenwerking was zeer bepalend in de verdere ontwikkeling van de kernspectroscopiegroep.⁶

De kernoriëntatie-on-line- of KOOL-groep

Op het IKS raakte het zuiver kernfysisch onderzoek met de lokale ^3He - ^4He -kernoriëntatieopstelling uitgeput wegens het beperkte aantal interessante, langlevende kernen. Er werd meer en meer geconcentreerd op de vastestoffysica en op de ontwikkeling van nieuwe manieren van oriëntatie en van detectoren geschikt voor gebruik bij extreem lage temperaturen.

Met de ervaring opgedaan met de ^3He - ^4He -kernoriëntatieopstelling in Leuven startte Vanneste met zijn groep in 1980 met de koppeling van een ^3He - ^4He -kernoriëntatieopstelling aan de centrale bundellijn van LISOL. Dit huzarenstuk verbond binnen hetzelfde vacuüm de ionenbron, waar een temperatuur van 2000 °C heerste en een hoogenergetische kernbotsing plaatsvond, met een cryostaat waar een temperatuur van een honderdste graad boven het absolute minimum heerste, zowat de koudste plek in België. Maar de voordelen waren legio, een hele reeks exotische kernen konden nu bestudeerd worden met de hyperfijninteractiemethode, waarbij de elektrische en magnetische momenten van die kernen opgemeten konden worden. Dit was een wereldpremière en de techniek werd snel gekopieerd op andere ISOL-opstellingen.

De eerste magnetische momentmetingen met deze nieuwe meetopstelling werden in 1982 gepubliceerd in *Physical Review Letters* met Dirk Vandeplasse (1957) als eerste auteur.⁷ Terwijl de uitgezonden straling in de eerste reeks metingen gedetecteerd werd buiten de cryostaat, slaagde de KOOL-groep erin om detectoren te monteren binnen in de cryostaat op 4 kelvin,⁸ zodat de straling uitgestuurd in het alfaverval van kortlevende astaat- en polonium-isotopen ongehinderd opgevangen kon worden.⁹ De waargenomen anisotropie in de uitgestuurde straling bleek sterk gevoelig te zijn voor de vorm van de atoomkern. In 1989 werd met het doctoraat van Nathal Severijns (1961) een nieuw onderzoeksdomein aangeboord waarbij metingen van de β -anisotropie in spiegelkernen tests opleverden



Paul Schoovaerts aan de KOOL-opstelling van LISOL (1981).

van mogelijke rechtshandige stromen in de zwakke interactie. In 1989 vertrok Severijns met een NFWO-mobiliteitsmandaat naar de groep van Jules Deutsch in Louvain-la-Neuve. Deze groep zocht in de elektrozwakke interactie via precisie-experimenten naar evidentie voor nieuwe fysica voorbij het Standaardmodel¹⁰ en had net een project afgerond waarbij met een positron-polarimeter (die de polarisatierichting van positronen kan bepalen) het bestaan onderzocht werd van een rechtshandig geladen boson. In de 2 jaar van het mobiliteitsmandaat werd deze expertise gecombineerd met die van de Leuvense kernoriëntatiegroep. Zo werd de positron-polarimeter in 1990-1991 gekoppeld aan de KOOL-opstelling, waardoor de metingen nu met gepolariseerde atoomkernen konden worden uitgevoerd en ze ook rechtstreeks gevoelig waren voor de massa van

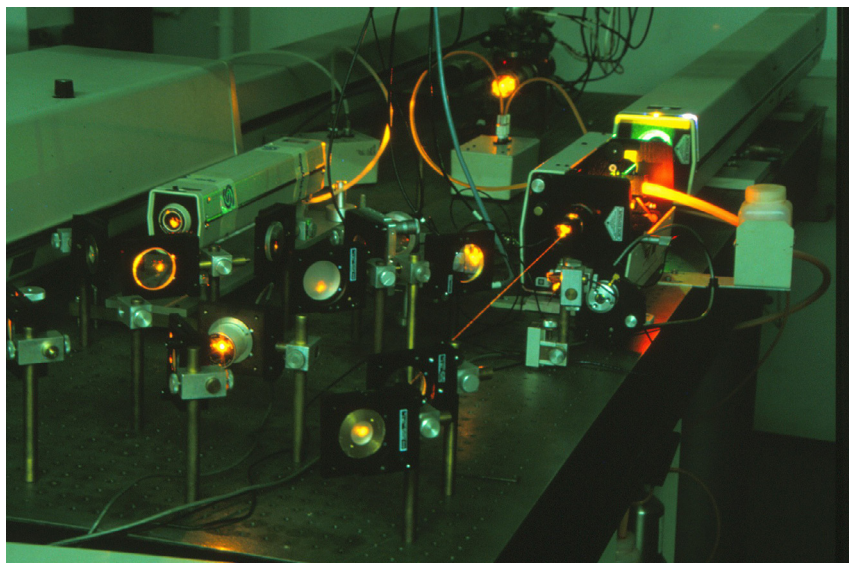
een rechtshandig boson. In 1991 vervoegde Severijns de vaste staf van het IKS en leidde samen met Vanneste de kernoriëntatiegroep. Ludo Vanneste stierf in 2000. De samenwerking in Louvain-la-Neuve werd verdergezet en de meetcampagne in 1992-1993 resulteerde in een nieuwe ondergrens voor de massa van een rechtshandig boson en een publicatie in *Physical Review Letters*.¹¹

Ondertussen was de KOOL-groep ook sterk betrokken bij de installatie van een ^3He - ^4He -kernoriëntatieopstelling aan de nieuwe on-line isotopenseparator ISOLDE 3 op CERN. In juli 1988 vond de eerste on-line run met de Nuclear Implantation into Cold On-Line Equipment- of kort NICOLE-faciliteit plaats, een samenwerking tussen zeven Europese instituten. De uitbreiding van experimenten en technieken, ontwikkeld op het IKS, naar buitenlandse onderzoeksinstellingen was begonnen.

In 2006 werd de KOOL-opstelling in Louvain-la-Neuve gedemonstreerd. De onderzoeksmogelijkheden aan ISOLDE waren aanmerkelijk groter geworden dan op LISOL. Dit werd een vast patroon in de geschiedenis van het IKS. Nieuwe experimenten of nieuwe technieken werden ontwikkeld in de thuislaboratoria of op de IKS-opstellingen aan het cyclotron van Louvain-la-Neuve. Zolang de condities voor experimenten competitief waren met mogelijkheden in het buitenland, werd er verder 'thuis' gewerkt. Naast de evidente voordelen van dichtbij werken was er ook het voordeel dat er uitgebreide bundeltijd beschikbaar was in Louvain-la-Neuve. Tevens was de nabijheid van een krachtige versneller wervend voor studenten. Jaarlijks werden de studenten van de eerste licentie uitgenodigd voor een bezoek.

De lasergroep

Op initiatief van Silverans, voorheen werkzaam binnen de kernoriëntatiegroep, werd in oktober 1978 een project ingediend bij het Comité scientifique (physique) pour l'exploitation du cyclotron voor in-bundel-laserspectroscopische studies op LISOL. Ontwikkelingen in laserspectroscopie maakten het mogelijk om de hyperfijnstructuur in de spectra afkomstig van kernen ver van de stabiliteitslijn op te meten en zo informatie te bekomen over de kernstraal, de kernvorm, de kernmomenten en de kernspin. Na een reeks off-line metingen in Leuven werd in 1982 een collineaire laserbundellijn opgebouwd op de derde bundellijn van LISOL. Door gebrek aan intensiteit en gevoeligheid waren de on-line metingen geen succes. Silverans en zijn doctoraatsstudenten Peter Lievens (1963)



De laseropstelling op het IKS (1985).

en Ludo Vermeeren (1964) lieten de moed niet zakken en werkten in Leuven verder aan een gevoeliger methode voor in-bundel-laserspectroscopie, gebaseerd op optisch pompen, neutralisatie en deeltjesdetectie. Het vormde de basis voor de start in 1987 van een succesvolle reeks hoge-resolutie-experimenten van Leuvense onderzoekers op de Collinear Laser Spectroscopy- of kort COLLAPS-faciliteit op ISOLDE, CERN, waarbij laserlicht collineair overlapte met de ISOLDE-ionenbundel en zo op de elektronen rondom de atoomkern inwerkte. COLLAPS is het oudste, nog altijd actieve experiment op ISOLDE, in werking sinds 1978.

Het vastestofonderzoek met nucleaire methodes

De kernoriëntatiegroep, de hoekcorrelatiegroep en de mössbauer-groep

Drie groepen ontwikkelden zich rond drie hyperfijn technieken: de kernoriëntatiegroep onder leiding van Vanneste, de hoekcorrelatiegroep onder leiding van Rots en de mössbauer-groep onder leiding van Langouche. Langlevende isotopen waarvan de nucleaire eigenschappen goed bekend zijn, werden met de LIS-separator in diverse materialen ingeschoten.



Maurice Elskens en Guido Langouche op het secretariaat van de International Conference on the Applications of the mössbauer-effect in Leuven, 16–20 september 1985.

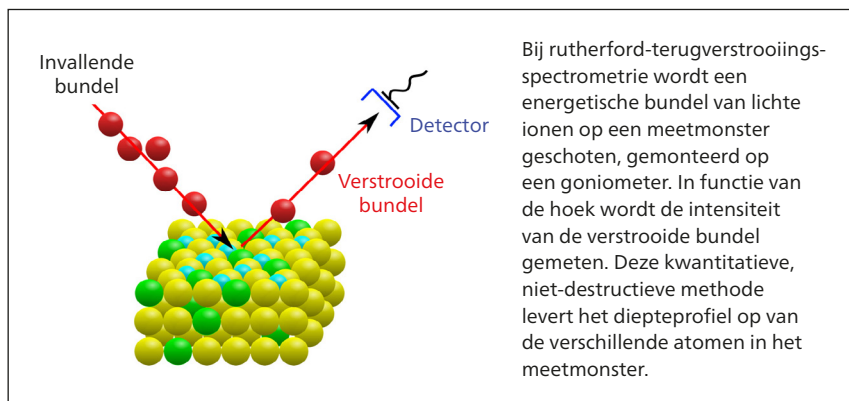
Pattyn was hiervoor verantwoordelijk. Via de hyperfijninteractie werd informatie bekomen over de structuur rondom de ingeplante kernen, waaronder de lokale elektrische veldgradiënt en het magnetisch hyperfijn veld. Onderzochte materialen waren mono- of multikristallijne lagen, halfgeleiders, overgangsmetalen... Ook kon de stralingsschade bij ionenimplantatie gekarakteriseerd worden. Verschillende meetopstellingen werden gebouwd. Zo werd in 1977 een helium-cryostaat (temperaturen tot -268°C) met een mössbauer-spectrometer rechtstreeks gekoppeld aan LIS. Op die manier moesten de ingeplante monsters niet meer uit het vacuüm van de separator gehaald worden en vermeerde men opwarming en/of andere ongewenste veranderingen, zoals oxidatie.

Het werk hierboven beschreven, gebeurde allemaal in de laboratoria van het instituut zelf. Maar vanaf 1980 werden er nieuwe technieken ontwikkeld voor opstellingen buitenshuis.

Rutherford-terugverstrooiing en kanalisatie

In 1980 startte Langouche gesprekken met Roger Van Overstraeten¹² (1937–1999), stichter in 1984 van het Interuniversitair Micro-Elektronica Centrum (IMEC). Met de aankoop van een kleine versneller voor heliumbundels zou de rutherford-terugverstrooiingsspectrometrie- of kort RTS-techniek¹³ gebruikt kunnen worden voor materiaalonderzoek (zie tekening 2). Hiermee kon, in vergelijking met de hyperfijninteractietechniek, complementaire informatie bekomen worden over de structuur en samenstelling van het beschoten materiaal. Om zich in te werken in deze nieuwe techniek, werd er bundeltijd aangevraagd aan de vandegraaff-versneller in Louvain-la-Neuve. Doctoraatsstudent Dany Schroyen (1958) en professor M. F. Wu, een frequente bezoeker van de Peking University, bouwden er een meetkamer met goniometer gekoppeld aan een eigen bundellijn. De ervaring was zeer positief en Langouche en Pattyn kwamen met Wilfried Vandervorst (1954) en Herman Maes (1947), beiden werkzaam op IMEC, overeen om met steun van het NFWO een versneller te verwerven en die op IMEC te plaatsen. De keuze viel op een lineaire pelletronversneller van het tandemtype gebouwd door National Electrostatics Corporation (NEC) met een energie variërend tussen 400 keV en 10 MeV. Bert Brijs, voorheen werkzaam op de LISOL-separator, werd de operator.

Tekening 2: Rutherford-terugverstrooiingsspectrometrie



In 1986 verhuisde de RTS-opstelling, samen met de bundellijn van Louvain-la-Neuve, naar de nieuwe pelletronversneller in IMEC. André Vantomme (1964) was een opstartend doctoraatsstudent die de opdracht kreeg om de opstelling in IMEC te installeren en operationeel te maken. Als NFWO-postdoc vertrok hij in 1991 naar het California Institute of Technology, Pasadena, VS om er zich in de groep van Marc A. Nicolet (1929–2022), een van de pioniers van RTS, kanalisatie en ionenimplantatie, verder te bekwamen in RTS en ionenbundelanalyse. Eind 1993 keerde hij terug naar Leuven, omdat Langouche hem gevraagd had om een leidende rol op te nemen in het Ion and Molecular Beam Laboratory (IMBL).

In 1989 stelde Langouche een testexperiment voor op LISOL. Door radioactieve isotopen in te planten en de uitgezonden geladen deeltjesstraling op te meten, zou er informatie verkregen kunnen worden over kristallografische assen en vlakken van materialen door. Deze techniek, emissiekanalisatie en -blokkering, was sterk verwant aan de rutherfordterugverstrooiingsspectrometrie en kanalisatietechniek. De geladen deeltjes, uitgezonden in het radioactief verval, ondervinden tijdens hun tocht langs de kristallografische assen en vlakken van het onderzochte materiaal kanalisatie- en blokkeringseffecten, wat een anisotroop emissiepatroon oplevert. De keuze voor de eerste test viel op alfa-vervallend francium (Fr) ingeplant in ijzer. Maar de producties op LISOL waren te laag. Het project zou verdergezet worden op ISOLDE.

In-vluchtpolarisatie

In 1983 werd er op de LISOL-bundellijn naar de KOOL-opstelling een ultrahoogvacuüm- of kort UHV-interactiekamer gebouwd voor in-vluchtpolarisatie via twee technieken: de Tilted Foil-methode en de Grazing Surface Scattering-methode. Bij Tilted Foil raakt een ion, dat door een reeks gekantelde koolstoffolies wordt geschoten, gepolariseerd. Bij Grazing Surface Scattering wordt een ion gepolariseerd wanneer het scherend onder een hoek van ongeveer 1 graad, over een zeer glad gepolijst oppervlak wordt verstrooid. Deze technieken zijn op zich niet selectief wat de kernen betreft die gepolariseerd moeten worden, in tegenstelling tot de standaard on-line oriëntatie met een $^3\text{He}/^4\text{He}$ -koelmachine, waar spin-roosterrelaxaties de keuze van gast-roostercombinaties kunnen beperken. Het idee was om systematische studies van verschillende ion-gastcombinaties, interessant voor vastestofstudies en voor onderzoek naar eigenschappen van de zwakke interactie in bètaverval, op te zetten. Maar de lage energie van de

LISOL-bundels geproduceerd met de FEBIAD-ionenbron was echter niet optimaal voor het polarisatieproces. Deze ionenbron produceerde enkel eenmaal geladen ionen. Ondertussen was er met het astrofysisch RIB-project (zie verder) veel expertise in huis over ionenbronnen voor hoge-reladingstoestanden.¹⁴ Een nieuwe LISOL-ionenbron werd gebouwd op basis van het Electron Cyclotron Resonance- of kort ECR-principe. Grote hoeveelheden van lichte, kortlevende isotopen, zoals ^{13}N (stikstof-13) en ^{14}O (zuurstof-14), waren al ontwikkeld voor het RIB-project en konden via een vacuümbuis naar de ECR-bron van LISOL gebracht worden. Maar de LISOL-separator kon de grote achtergrondstroom, geleverd door de ECR-bron, niet verwerken en deze piste werd verlaten. Uiteindelijk kon het principe van de Grazing Surface Scattering-methode aangetoond worden met een ^{13}N -bundel geproduceerd met de FEBIAD-bron, wat een publicatie in *Physical Review Letters* opleverde. Maar de beperkte mogelijkheden leidden tot de stopzetting van het project.

De weg naar een collegiaal beleid

De beleidsstructuur van het IKS was door de constante personeelsaan groei en de veranderende samenstelling gaandeweg grondig gewijzigd. Het wetenschappelijk personeel (WP) van het IKS bestond nu uit twee hoogleraren (Mariens als afdelingshoofd, Coussement als wetenschappelijk leider), drie vastbenoemde NFWO'ers (Vanneste, Silverans, Langouche), twee vastbenoemde KUL WP'ers (Rots, Pattyn), Huyse (vastbenoemde logistiek medewerker en deeltijds lector), verschillende postdocs (sommigen al met een lange staat van dienst) en vele doctorandi. De beleidsvergadering, open voor alle WP'ers, werd begin 1980 als niet meer effectief beschouwd. Ook vlotte het op persoonlijk vlak niet meer zo goed tussen Mariens en Coussement. Op 26 maart 1980 legde Mariens een werkdocument voor aan het voltijdse vaste academisch en wetenschappelijk personeel (AWP), waarbij de dagelijkse leiding van de afdeling bleef rusten bij de afdelingsverantwoordelijke en de wetenschappelijke leiding voortaan collegiaal zou liggen bij de Raad Vast AWP.¹⁵ Naast Mariens en Coussement bestond deze raad nog uit de vijf AWP-leden. Zij leidden elk een eigen onderzoeksgroep en schreven de budgetaanvragen, die dan door Coussement gebundeld werden in twee globale IIKW-aanvragen. Door de sterke ontwikkeling van de verschillende onderzoeksgroepen vroegen de

AWP-leden meer inspraak in het beleid, iets waarvoor Mariens duidelijk begrip had. Het wetenschappelijk beleid verdween daardoor uit de handen van Coussement. Hij legde zich daar niet bij neer en na bemiddeling door Raf Dekeyser, departementsvoorzitter, werd het voorstel aangepast en bleef Coussement wetenschappelijk coördinator maar in consultatie met het vaste AWP. De Raad Vast AWP¹⁶ bleef bestaan, maar niet meer met een beslissingsrecht, maar met een vetorecht.¹⁷ Op 31 juli 1981 liep de ambtstermijn van Mariens als afdelingsverantwoordelijke af en hij stelde zich niet meer verkiesbaar. Hij was ondertussen voor de tweede keer decaan geworden van de faculteit Wetenschappen. Coussement werd de nieuwe afdelingsverantwoordelijke en bleef wetenschappelijk coördinator. Op 25 april 1982 stierf Paul Mariens, de stichter van het IKS, op 68-jarige leeftijd. Hij liet een bloeiend instituut achter, dat evenwel in volle twijfel verkeerde of de beleidsstructuur wel de juiste was.

DONDERWOLKEN DIENEN ZICH AAN (1985–1995)

Naast de discussies over de beleidsstructuur kwamen er nog vele problemen, maar ook opportuniteiten af op het instituut. Ze begonnen in Louvain-la-Neuve.

Van een mogelijke catastrofe naar de sterren

Een driedaagse bijeenkomst van de Franstalige kernfysici startte op 8 september 1986 in Esneux. Huyse, als verantwoordelijke van het LISOL-project, was daarbij ook aanwezig. Macq, een van de hoofdrolspelers in de ontwikkeling van de kernfysica in Leuven en in de bouw van het cyclotroncomplex in Louvain-la-Neuve, was zopas rector van de UCL geworden en kwam in die hoedanigheid naar de avondsessie.

Macqs wetenschappelijke interesse was in de jaren 70 verschoven van de kernfysica naar de deeltjesfysica. Hij had, samen met collega's van Louvain-la-Neuve, deelgenomen aan een aantal experimenten op CERN, maar had ook nog, samen met Pierre Leleux (1947–2019), een kernfysisch programma rond neutronverstrooiing lopen aan CYCLONE110. Er waren nog twee relatief grote programma's geleid door de kernfysici van Louvain-la-Neuve: het hogespinonderzoek geleid door Jean Vervier (1931) en het project rond DEMON, de modulaire neutroondetector geleid door Youssef El Masri. Volgens Macq zouden de kernfysici van Louvain-la-Neuve zich beter volledig heroriënteren op CERN. Hij had een onprettige boodschap. Als er geen nieuw en belangrijk project kwam voor het cyclotron van Louvain-la-Neuve, zou hij het cyclotron, waar hij

zelf voor gezorgd had, sluiten. Dit zou dan ook het einde van LISOL zijn, een ware catastrofe voor het kernfysisch luik van het IKS.

Marcel Arnould (1943), nucleair astrofysicus aan de ULB, was ook aanwezig en wees op een interessante mogelijkheid. Hij had op 5 september 1985 deelgenomen aan de Accelerated Radioactive Beams Workshop in Parksville, Canada, waar de onderzoeksmogelijkheden werden besproken wanneer radioactieve ionen versneld worden tot energieën waarbij ze kunnen gebruikt worden om zelf kernreacties te induceren. In het randgebied tussen de kernfysica en de astrofysica zouden zo stellaire reacties opgemeten kunnen worden waarbij kortlevende kernen betrokken zijn. Dit was al voorgesteld door Nobelprijswinnaar William Fowler (1911–1995) in zijn Nobellezing op 8 december 1983: 'It is my view that continued development and application of radioactive ion beam techniques could bring the most exciting results in laboratory Nuclear Astrophysics in the next decade. For example, the rate of the $^{13}\text{N}(p,\gamma)^{14}\text{O}$ reaction¹, which will be studied as $^1\text{H}(^{13}\text{N},\gamma)^{14}\text{O}$ is crucial to the operation of the so-called fast CN-cycle.'²

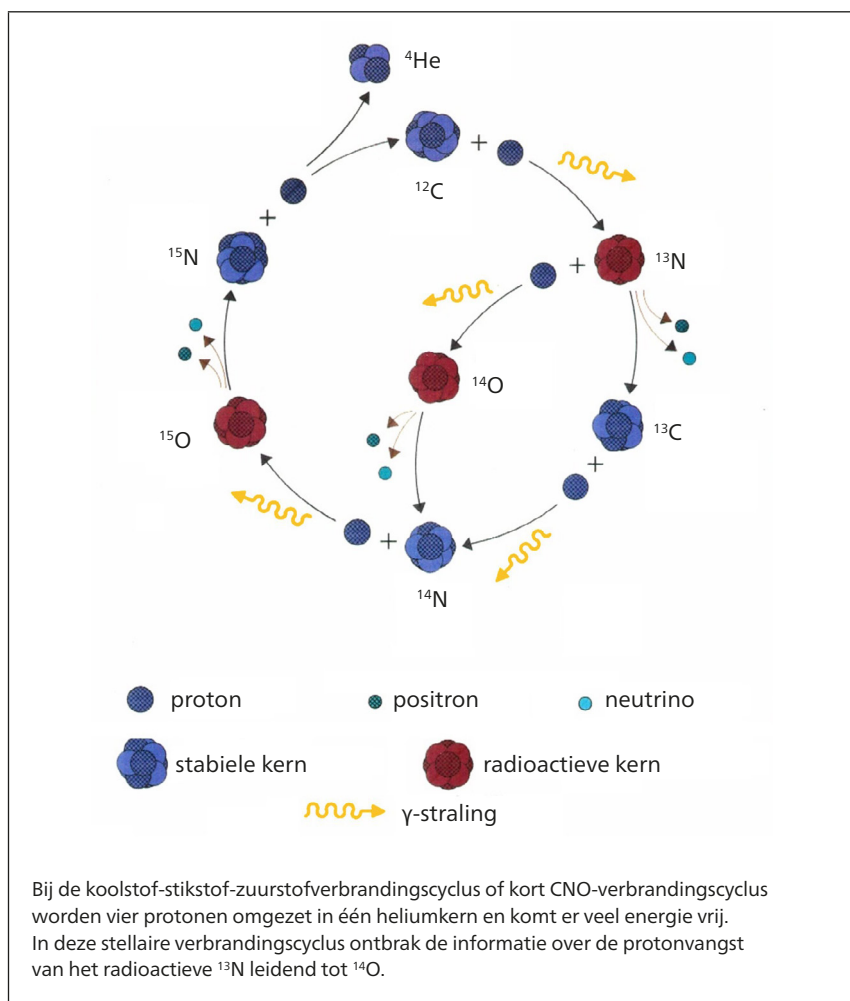
Een week later kwamen Huyse, Vervier en Jean Vanhorenbeeck (kernfysicus van de ULB) samen om het voorstel, gecentreerd rond de $^{13}\text{N}(p,\gamma)^{14}\text{O}$ -kernreactie (zie tekening 3) die Fowler als voorbeeld gaf, verder uit te werken. Alle benodigde ingrediënten om de uitdaging aan te gaan, bleken aanwezig te zijn rondom Louvain-la-Neuve.

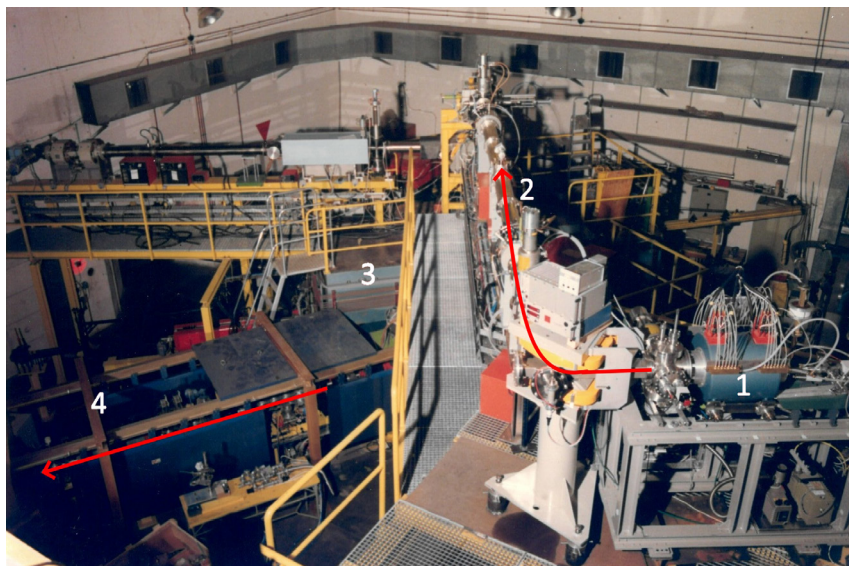
Yves Jongen was er begin februari 1986 voor het eerst in geslaagd om een bundel te produceren met een nieuw cyclotron, CYCLONE30. Dit cyclotron werd ontwikkeld voor de productie van medische radio-isotopen en vormde de start van het succesvolle Ion Beam Applications- of kort IBA-bedrijf, de eerste spin-off van de UCLouvain.³ Met zijn 30MeV energie en hoge-intensiteitprotonenbundel konden grote hoeveelheden ^{13}N -kernen aangemaakt worden.

- Het LISOL-project beschikte over 13 jaar ervaring in het produceren en separeren van kortlevende kernen.
- Met CYCLONE110 zou het mogelijk moeten zijn om de ^{13}N -ionen te zuiveren en te versnellen tot de juiste energie.
- Zowel de Leuvense kernspectroscopiegroep, de UCL-onderzoeksgroep van Vervier als de ULB-onderzoeksgroep van Vanhorenbeeck beschikten over de nodige expertise rond kernreacties en kernspectroscopie.
- Aan de ULB had de theoriegroep van Arnould een indrukwekkende expertise in de astrofysica verworven

- En ten slotte, maar uiterst belangrijk, was er het nieuwe Inter-universitaire Attractiepolen- of kort IUAP-financieringsinitiatief van minister Guy Verhofstadt in 1987 voor universitaire samenwerking over de taalgrens heen. Het Belgian Science Policy Office (BELSPO), de dienst van het Federaal Wetenschapsbeleid, organiseerde, evalueerde en financierde het nieuwe initiatief.

Tekening 3: Schema van de CNO verbrandingscyclus uit de persvoorstelling van 22 februari 1991





Beginnend rechtsonder is de ionenbron (1) waar het radioactieve ^{13}N wordt geïoniseerd, via de injectielijn (2) worden de ionen in het cyclotron (3) gebracht en versneld tot de gewenste energie; links onderaan is de bundellijn (4) naar de detectieopstelling (1989).

*Ce week-end du 2 décembre 1990, après un travail
obtenu de toute l'équipe durant ces dernières
semaines, nous avons enfin accélééré 42 p.p.A de ^{13}N à
8.4 MeV avec une contamination en ^{13}C que nous estimons
inférieure à ~ 1 p.p.A. Merci à tous ! It was really
hard work, but it was fun.*

J.H.K. *M. Vervaeke*
P. Lipnik
H. Groot
P. K. Dierckx
Isabelle *Reine*
Schueren

Uittreksels uit het RIB-logboek (2/12/1990).

Het zogenaamde Radioactieve-ionenbundel- of kort RIB-project, uitgewerkt door de UCL, de ULB en de KU Leuven, werd bij BELSPO ingediend en de nodige financiering werd onmiddellijk bekomen. Hiermee kwam er voor het eerst op het IKS naast de twee NFWO-hoofdprojecten substantiële financiering via een ander kanaal.

Piet Van Duppen, ondertussen werkzaam bij de firma Bell Telephone in Antwerpen, werd ervan overtuigd om als postdoc mee te werken aan dit project. Een intense samenwerking van een vijftiental ingenieurs, kernfysici en astrofysici slaagde er op 22 juni 1989 voor het eerst in om met CYCLONE30 grote hoeveelheden ^{13}N aan te maken, te transporteren naar CYCLONE110 en het daar te versnellen tot de juiste energie. Maar de intensiteit, 1 miljoen ^{13}N -kernen per seconde, en de zuiverheid ervan waren onvoldoende om al de kernreactie te kunnen opmeten. Anderhalf jaar later was het zo ver. In de periode van donderdagavond 29/11/1990 tot maandagmorgen 3/12/1990 werd in totaal 85 keer de karakteristieke gammastraling van ^{14}O waargenomen en zo kon deze belangrijke stellaire reactie ($^{13}\text{N}(\text{p}, \gamma)^{14}\text{O}$) voor het eerst hier op aarde nagemeten worden. Dit was een wereldpremière.⁴

Twee persconferenties, een in 1989 bij de realisatie van de eerste versnelde radioactieve ^{13}N -bundel en een in 1991 na de eigenlijke meting, werden georganiseerd. De volledige top van de UCL en de KU Leuven evenals de politieke verantwoordelijken voor wetenschapsbeleid en de bevoegde overheden waren aanwezig, samen met een uitgebreide delegatie van de Franstalige en Nederlandstalige audiovisuele en schrijvende pers.⁵ Een dergelijke respons werd later niet meer bereikt.

De technologieën en de instrumentatie die hierbij ontwikkeld waren, samen met de evidentie dat het nu mogelijk werd om gedetailleerde kernreactiestudies uit te voeren met kortlevende kernen, leidde tot de geboorte van een nieuw onderzoeksveld. Met de komst van de energetische radioactieve ionenbundels, geproduceerd met de naversnelde ISOL-techniek of met de complementaire in-vluchttechniek, onderging de kernfysica wereldwijd een renaissance. Waar voorheen de kernfysische gemeenschap gefragmenteerd zat in deeldomeinen eerder bepaald door verschillen in de onderzoekstechnieken, ontstond nu de mogelijkheid om zich te groeperen rond de enorm uitgebreide mogelijkheden van radioactieve ionenbundels – de hele kernkaart kwam ter beschikking. Een groot deel van de kernen kon nu geproduceerd worden met een energie van bijna rust tot energieën die vroeger enkel maar met stabiele bundels bereikt konden worden. Verschillende paradigma's gebaseerd op vroegere metingen

met stabiele bundels sneuvelden. Concepten zoals de schillenstructuur in kernen moesten aangepast worden. Op verschillende plaatsen in Europa, Amerika en Azië kwamen nieuwe versnellerscentra of werden bestaande versnellerscentra aangepast.

Er startte een nieuwe conferentiereeks, Radioactive Nuclear Beams Conference, waarvan de tweede in de reeks werd georganiseerd door de UCL-KUL-ULB van 19 tot 21 augustus 1991 in Louvain-la-Neuve. Ook werd onder het leiderschap van de kernspectroscopiegroep van Leuven de Euroschool on Exotic Beams opgestart, bedoeld om doctorandi en jonge postdocs in dit nieuwe veld op te leiden. De school vond plaats in Leuven van 1993 tot 2000, waarna ze naar verschillende plaatsen in Europa rondreisde. In 2017 kwam de school terug in Leuven om de 25ste school te vieren.

Op 4 mei 1990 werd er een workshop georganiseerd in Leuven rond de productie en het gebruik van mediumenergie-radioactieve ionenbundels met de bedoeling een project op te starten rond de twee cyclotrons in Louvain-la-Neuve, de LISOL-opstelling en een nieuw te bouwen versneller. Het ARENAS³-project (Acceleration of Radioactive Elements for Nuclear, Astrophysical and Solid-State Studies) groepeerde dit alles. Een vijftigtal onderzoekers uit verschillende Belgische universiteiten namen deel aan de workshop. Ook Claus Rolfs (1941), professor aan de Ruhr-Universität Bochum, was aanwezig. Hij was de specialist van de experimentele nucleaire astrofysica en auteur van het standaardwerk *Cauldrons in the Cosmos: Nuclear Astrophysics*.⁶ Het was de bedoeling het project in te dienen voor Belgische IUAP-financiering en het ook internationaal uit te bouwen.

De start was evenwel al gedeeltelijk getroebleerd. Rolfs en zijn groep hadden de UCL-KUL-ULB-collaboratie geholpen bij de ontwikkeling van de trefschijven voor de $^{13}\text{N}(p,\gamma)^{14}\text{O}$ -meting, onder andere met testen aan de Dynamitron-tandemversneller in Bochum. Toch werden ze niet meegenomen in de uiteindelijke meting zelf in Louvain-la-Neuve en de publicatie ervan. Vervier stond erop dat enkel onderzoekers van de UCL, KUL en ULB signeerden. Ook waren er vragen bij de haalbaarheid van het vastestofluik in het ARENAS³-project. Zoals hierboven beschreven, werd het *Tilted Foil*- en *Grazing Surface Scattering*-experiment op KOOL stopgezet. Samen met verschillende standpunten rond het type versneller dat er gebouwd zou moeten worden, zorgde dit ervoor dat het ARENAS³-project niet gerealiseerd werd.

Rond 1998 besloot de Leuvense kernspectroscopiegroep zich terug te trekken uit de astrofysische metingen. Meestal leidden die metingen

tot een aantal waarden die van belang zijn voor astrofysische berekeningen van nucleosyntheseprocessen. Dat soort berekeningen lag niet in het expertisegebied van de groep. De keuze om dit onderzoeksdomein af te sluiten werd ook beïnvloed door de negatieve commentaar van het tijdschrift *Nature* toen het de publicatie over de $^{13}\text{N}(p,\gamma)^{14}\text{O}$ -metingen weigerde. David Lindley, de *Associate Editor* van *Nature* schreef: 'We do not think, however, that measurements of nuclear cross-sections will by themselves be appealing to the majority of our readers.' En '... it is not obvious that the measured cross-sections are different enough from the earlier estimates for the astrophysical implications to be profound.' Zeker dit laatste was pijnlijk voor de experimentatoren.

Wel volgden er nog een reeks experimenten van kernfysische aard zoals in 2001 met het doctoraatswerk van Riccardo Raabe (1967) rond de ^6He -halokern.⁷ Daarmee eindigde de betrokkenheid van Leuven in het RIB-project in Louvain-la-Neuve en startte de ontwikkeling van radioactieve ionenbundels op ISOLDE, CERN. De kernspectroscopiegroep bleef wel actief werken op de LISOL-opstelling in Louvain-la-Neuve.

Het einde van de kernfysica in Louvain-la-Neuve

Ondertussen was er een sterke internationale collaboratie gegroeid rond de UCL-kernfysici. Maar die beperkte zich tot het voorstellen van en deelnemen aan experimenten zonder zwaar te investeren in de faciliteit. Zoals verdedigd in het oorspronkelijk ARENAS³-project, was er sprake van de nood aan een nieuwe versneller, specifiek voor nucleair-astrofysische metingen. De combinatie van de twee cyclotrons CYCLONE30 en CYCLONE110 had een aantal beperkingen, zo was het soort radioactieve kernen gelimiteerd die met CYCLONE30 aangemaakt konden worden. Ook was de efficiëntie van CYCLONE110 als naversneller en ook het energiebereik onvoldoende. Nucleair-astrofysische experimenten moesten op lage energie gebeuren. Na vele discussies over het type versneller opteerden de fysici en ingenieurs van Louvain-la-Neuve voor een zelf te bouwen cyclotron (CYCLONE44), gecombineerd met een terugstootseparator. In 2002 werd het nieuwe cyclotron in gebruik genomen. Het leverde stabiele bundels af voor testen van de ARES-terugstootseparator. Voor beide toestellen was er nog veel ontwikkeling nodig om de specificaties te halen. Dit werd, door gebrek aan mankracht, financiële middelen en steun van de academische overheid, niet meer gerealiseerd.

Het Radioactieve-ionenbundelproject, oorspronkelijk begonnen door een UCL-ULB-KUL samenwerking in 1986 en rond 2001 enkel verdergezet door de UCL-kernfysici, bloedde langzaam dood. Dit lag enerzijds aan de beperkte mogelijkheden en de opkomende concurrentie in het buitenland en anderzijds aan het gevoerde beleid van de academische overheid in Louvain-la-Neuve.⁸ Die besliste om het project in 2009 te stoppen. Daarmee eindigde ook het kernfysisch onderzoek in Louvain-la-Neuve en werd er volledig geconcentreerd op de deeltjesfysica in CERN. Een overzicht over de wetenschappelijke realisaties en samenwerkingen verscheen in 2011.⁹ Het cyclotron zelf wordt tot op de dag van vandaag gebruikt voor diverse industriële toepassingen en is in hoge mate zelfbedruipend.

Europese erkenning

Op 12 oktober 2021, meer dan dertig jaar na die eerste experimenten, werd de Cyclotron Hall in Louvain-la-Neuve door de European Physical Society (EPS) erkend en geëerd met de EPS Historic Site Award. Hij werd opgenomen in de lijst van EPS Historic Sites, dit zijn plaatsen in Europa belangrijk voor de ontwikkeling en de geschiedenis van de natuurkunde. De Cyclotron Hall werd geëerd als de geboorteplaats van naversnelde radioactieve ionenbundels voor kernfysisch en astrofysisch onderzoek. In België kwam er zo een derde locatie bij op de lijst na het Hotel Métropole in Brussel, waar in 1911 tijdens het eerste Solvay-congres de fundamenteën van de kwantumfysica werden gelegd, en na het Heilige Geestcollege in Leuven, waar Georges Lemaître in 1931 zijn beroemde artikel schreef over het ontstaan van het heelal.

De IUAP-financiering werd een belangrijke pijler in de ontwikkeling van het IKS, vooreerst voor het radioactieve-ionenbundelonderzoek van Huyse en Van Duppen in de UCL-KUL-ULB-constellatie maar later ook met andere partners. Door de jaren heen werden de aangevraagde projecten altijd positief geëvalueerd, wat resulteerde in constante financiering. Zoals al aangegeven, stopte in 2009 het kernfysisch onderzoek aan de UCLouvain. Maar de kernfysische groepen van het IKS bleven een IUAP-programma leiden, nu met deelnemende groepen van de ULB, UGent en SCK, Mol. Na vele jaren afwezigheid was er opnieuw een samenwerking met het SCK en meer bepaald rond het project 'Multi-purpose Hybrid Research Reactor for High-tech Applications' (MYRRHA). In 2016 verhuisde het programma van het federale niveau naar de deelstaten, wat voor Vlaanderen betekende dat het FWO nu verantwoordelijk was. In 2017 organiseerde het FWO samen met het Fonds de la Recherche Scientifique



De presidenten van de European Physical Society en de Belgian Physical Society samen met de ingenieurs en fysici die betrokken waren in de productie van de ^{13}N -bundel en het experiment $^{13}\text{N}(p,\gamma)^{14}\text{O}$ tijdens de uitreiking van de EPS Historic Site award. V.l.n.r. Marc Loiselet, Paul Duhamel, Isabelle Licot, Mark Huyse, Jef Ongena, Carine Michotte, Luc Bergé, Etienne Lienard, Patrik Decrock, Guido Ryckewaert en Piet Van Duppen

(FNRS) een nieuw programma, 'Excellence of Science' (EOS) genaamd. Het project 'Heavy Element Research' ingediend door Van Duppen en Raabe, samen met de collega's Stephane Goriely (1966), Sophie Van Eck (1971) en Michel Godefroid (1954) van de ULB, was ook hier succesvol.

Star Wars

Tot in het begin van de jaren 80 signeerde Coussement in zijn hoedanigheid van wetenschappelijk coördinator – en ook uit interesse – nog mee op de publicaties van de hoekcorrelatiegroep onder leiding van Rots en van de mössbauer-groep onder leiding van Langouche. Maar dit werd minder en minder relevant, zeker wanneer hij een eigen onderzoekslijn ontwikkelde vanuit een hoekcorrelatie-experiment rond kernniveaukruising en opmenging (*nuclear level crossing and mixing*), het in 1981 opgestarte doctoraatsthesisonderzoek van Paul Put (1959). Coussement bouwde rond die nieuwe methode om kernmomenten te bepalen een sterke onderzoeksgroep op, de Level Mixing Resonances- of kort LMR-groep. Een experimentele opstelling werd opgebouwd aan een van de bundellijnen van het CYCLONE110-cyclotron in Louvain-la-Neuve en door verdere ontwikkelingen werd het mogelijk om kernmomenten op te meten van isomere toestanden.¹⁰ Deze nieuwe methode vulde daarmee een lacune in de studie van kernmomenten, namelijk voor isomere toestanden in het milliseconde- tot seconde-gebied en voor toestanden met hoge spin. Verschillende doctoraten werden op deze opstelling bekomen. De beschik-

bare energie van de bundels die CYCLONE110 leverde, beperkte evenwel de mogelijkheden tot productie en studie van interessante isomeren

Coussement vertrok in 1986 voor een *sabbatical leave* naar Cincinnati om met Punit Boolchand (1944), een frequente bezoeker van het IKS, samen te werken rond een theoretisch concept dat zou kunnen leiden tot de ontwikkeling van een gammalaser.¹¹ Beiden trokken een jaar later naar het Pentagon, het hoofdkwartier van het Amerikaans ministerie van Defensie, met de bedoeling een project in te dienen bij het Strategic Defense Initiative (SDI) in het kader van Star Wars, het ruimteschild dat president Reagan wilde bouwen. Op 3 september 1987 bracht *Het Belang van Limburg* een kort bericht over dit initiatief met als titel 'KUL-kernfysicus naar het Pentagon'. Als reactie daarop werd op 16 oktober 1987 een protestbrief ondertekend door alle andere leden van de vaste onderzoeksstaf (de zogenaamde seniorenvergadering). De brief stelde dat dit een persoonlijk initiatief van Coussement was, dat niet voorgesteld werd op de vaste-stafvergadering en dus niet strookte met de IKS-beleidsstructuur. De ondertekenaars sloten alle medewerking uit aan wapenontwikkelingsprogramma's en ander geclassificeerd onderzoek. Er konden dus geen personen en middelen van het IKS gebruikt worden voor het SDI-onderzoek.¹² In *Veto*, het studentenblad van de KU Leuven, verscheen op 7 november 1987 een uitgebreid interview met Coussement. Hij meldde dat er weerstand was bij de collega's en dat het project dan wellicht niet zou doorgaan. Op 9 november 1987 ondertekenden ook vijftien leden van het tijdelijk wetenschappelijk personeel, de drie doctorandi van Coussement uitgezonderd, een document waarin de stelling werd verdedigd dat het IKS geen medewerking kan verlenen aan projecten gesponsord door het SDI-programma. Op de seniorenvergadering van 8 januari 1988 meldde Coussement dat hij afzag van een formele samenwerking met SDI. Op de seniorenvergadering van 11 maart 1988 herriep Coussement die verklaring en ging toch samenwerken met het Pentagon. De vaste stafmedewerkers, met uitzondering van Coussement, stuurden op 16 maart 1988 de protestbrieven van de vaste en tijdelijke wetenschappelijke medewerkers op naar rector Roger Dillemans. Er kwamen geen formele reacties vanuit de academische overheid. Er verschenen wel nog reacties in *Veto*, *Het Belang van Limburg*, *De Tijd* en *Knack*. Het nettoresultaat was dat Coussement SDI-financiering gekregen had om twee doctoraatsstudenten 2 jaar te betalen. Daarna eindigde de samenwerking met het Pentagon, waar later ook het volledige SDI-programma werd afgevoerd.

Een onverwachte heroriëntering

Roger Silverans kondigde op het einde van 1987 aan dat hij het kernfysisch luik van zijn laserprogramma, dat nu gebeurde op ISOLDE, wilde afronden en zich eerder wilde concentreren op vastestofonderzoek met behulp van lasers. Dit zou betekenen dat er geen kernfysische methodes meer werden gebruikt en dat dit onderzoek minder paste op het IKS, maar meer zou aansluiten bij het onderzoek van de afdeling Vaste stof en Magnetisme (VSM) onder leiding van Lieven Van Gerven. Dit was geen eenvoudige overstap, want de door Silverans opgebouwde laserinfrastructuur was verworven op basis van de twee grote NFWO-projecten aangevraagd door de volledige vaste staf van het IKS. Er volgde een moeilijke periode van onderhandelingen, die uiteindelijk finaliseerden in 1990. Dat deel van de laserapparatuur dat gebruikt werd voor kernfysisch onderzoek bleef op het IKS, het deel rond het vastestofonderzoek verhuisde naar VSM.

Aan Van Duppen, die ondertussen vastbenoemd was, werd gevraagd om hier rond een nieuw onderzoeksproject op te zetten. Specifieke projectaanvragen bij het IIKW waren niet succesvol, onder meer door de financiële problemen bij het NFWO. Toch werd er verder gewerkt en dit leidde tot een totaal nieuw concept: een laser-ionenbron. De FEBIAD-ionenbron was tot dan de meest gebruikte ionenbron op LISOL maar had wel een aantal beperkingen. Verschillende elementen uit de tabel van Mendelejev konden niet of in onvoldoende mate geproduceerd worden. Vanwege hun fysico-chemische eigenschappen konden ze niet of te traag diffunderen uit het vangstplaatje. Aan de universiteit van Jyväskylä, Finland werd een nieuwe methode uitgetest, waarbij de radio-isotopen gevormd in een kernreactie niet gestopt werden in een vangstplaatje maar in een edelgas.¹³ De meeste kernen kwamen ongeladen tot stilstand, maar door edelgas te gebruiken werd toch een deel van de gevormde kernen gestopt in een eenmaal geïoniseerde toestand. Die radioactieve ionen vloeiden samen met het gas uit de reactiekamer en vlogen zo in een isotopenseparator.

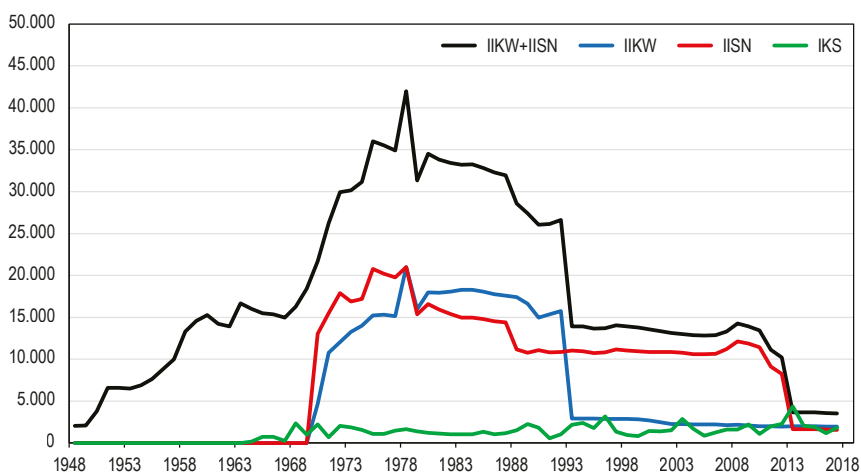
Eind 1984 werd een zware ROOTS-pomp besteld om ook op LISOL testen rond de zogenaamde Ion Guide-methode uit te voeren. Een dergelijke pomp was nodig om de grote hoeveelheden gas te verwerken. Kristin Deneffe toonde in 1987 met haar doctoraat aan dat deze methode ook uitgebreid kon worden naar kernreacties met zware ionen. Maar de efficiëntie en selectiviteit waren vrij beperkt.

Van Duppen, Huyse en Silverans, ondertussen bij VSM, zochten naar een alternatief. Laserlicht kan ook gebruikt worden om atomen te ioniseren. Op atomen in vacuüm kan dat zeer selectief en efficiënt zijn. De vraag is of dit ook toegepast kan worden in een gasomgeving. Een testopstelling werd gebouwd en de resultaten waren veelbelovend. Die werden in 1991 voorgesteld op twee conferenties in Japan. Daar was ook Peter Lievens aanwezig, die in zijn postdocperiode op ISOLDE, CERN had samengewerkt rond laserionisatie met de Russische laser-specialist Yuri Kudryavtsev (1950). Die nam ook deel aan die congressen en Lievens bracht hem in contact met Van Duppen en Huyse. Dit betekende het begin van een zeer intense samenwerking, waarbij op LISOL niet enkel met de laserionenbron op een selectieve manier bundels aangemaakt werden van kortlevende kernen, onbereikbaar met de klassieke ISOL-ionenbronnen, maar waarop uiteindelijk ook laser-spectroscopische metingen uitgevoerd konden worden. De expertise van Kudryavtsev was hierbij cruciaal. Deze In-Gas Laser Ionization and Spectroscopy- of kort IGLIS-techniek, ontwikkeld op LISOL, kreeg navolging in verschillende versnellerscentra in Europa en Japan. Het blijft tot op heden een van de pijlers van het IKS-onderzoek. Na een aantal langdurige verblijven in Leuven werd Kudryavtsev in 1995 een vast lid van de kernspectroscopiegroep.

Sputterende financiering

Vanaf 1974 tot het midden van de jaren tachtig had het IKS een heel eenvoudige budgettaire situatie (zie groene lijn in de grafieken 2 en 3), die essentieel bestond uit universitaire financiering (voornamelijk personeel) en twee IIKW-projecten (zowel personeel, uitrusting, als werking). Het hyperfijninteractieproject (nucleaire vastestoffysica) startte in 1971, het LISOL-project (kernfysica) in 1973. Dit zorgde voor een comfortabele maar constante financiering die evenwel niet de groei van de Vlaamse IIKW-budgetten volgde (groene versus blauwe lijn in grafiek 3). Vanaf 1986 werd een daling van de Vlaamse IIKW-middelen ingezet. Voor nieuwe initiatieven was er geen ruimte en moest er naar extra middelen gezocht worden.

De derde staatshervorming van 1988–1989 leidde onder meer tot het verschuiven van het onderwijs en een deel van het wetenschapsbe-



Grafiek 3: Een overzicht van het totale IIKW-budget in kilo-euro en index-gecorrigeerd (zwart). De gegevens komen uit de jaarverslagen van het IIKW – IISN. Vanaf 1970 wordt het budget per taalgroep opgesplitst: het IIKW in het blauw, het IISN in het rood. In 1989 wordt het IIKW-gedeelte opgenomen in de basistoelage van het NFWO, maar de bedragen zijn nog te vinden in de jaarverslagen van het IIKW tot in 1992. Daarna wordt enkel het Vlaamse deel van het resterende federale budget gegeven. Pas in 2013 wordt het IISN-deel overgeheveld naar het FNRS. Ter vergelijking wordt ook het IKS-budget (groen) uitgezet.

leid naar de gewesten en de gemeenschappen. Het IIKW-budget werd vanaf 1989 verdeeld in drieën: 20% bleef federaal, 80% werd verdeeld onder de gemeenschappen. Het Vlaamse deel werd opgenomen in de basistoelage van het NFWO. Nu was het wetenschapsbeleid nog meer versnipperd en fundamenteel onderzoek werd hiervan het slachtoffer.¹⁴ Zo snoeide eind 1991 de Vlaamse executieve in de financiering van het fundamenteel onderzoek met onder andere als gevolg dat het NFWO geen nieuwe bevoegd verklaarde navorsers zou kunnen aanstellen. Er werd extra hard ingegrepen in de projecten gefinancierd door het IIKW. Paradoxaal genoeg daalde het IIKW-budget tussen 1988 en 1991 nog geen 10%, maar verminderde de financiering van projecten in de drie IIKW-commissies dramatisch (zie tabel 3). Een gelijkaardig fenomeen deed zich voor in de twee andere fondsen voor fundamenteel onderzoek, het Fonds voor Geneeskundig Wetenschappelijk Onderzoek en het Fonds voor Kollektief Fundamenteel Onderzoek. De beslissing om juist die drie fondsen te viseren, was volgens Dirk Draulans



Het IKS betoogt op 6 februari 1992 mee in Brussel tegen de besparingen door de Vlaamse executieve in het fundamenteel onderzoek: v.l.n.r. Mark Huyse, Piet Van Duppen en Luc Verwilt.

niet genomen door de Vlaamse executieve maar door het NFWO zelf, in samenspraak met de Vlaamse rectoren.¹⁵ Specifiek voor het IKS met de projecten in de commissie Lage Energie zouden de zogeheten sinterklaasbesparingen leiden tot het ontslag van verschillende personeelsleden en tot een drastische terugval in de werkingsmiddelen.¹⁶ Van Duppen besprak met Pieter Knaepen, radiojournalist, de gevolgen van de nieuwe maatregelen voor het IKS. Dit resulteerde in een verslag op Radio 1 over de grote problemen. De BRTN-televisie pikte het op en het duidingsprogramma *Panorama* bracht een reportage met onder anderen de IKS-doctoraatsstudent Piet De Moor (1966) aan de ^3He - ^4He -cryostaat op het IKS, waar hij het tekort aan onderzoeksmiddelen aan de kaak stelde. Ook in andere onderzoeksgroepen en Vlaamse universiteiten heerste vrees en ongenoegen, waardoor een breed gedragen protestbeweging op gang kwam. Dit resulteerde op 6 februari 1992 in een massaal bijgewoonde betoging van professoren, onderzoekers, studenten en personeel in Brussel. Dit had een groot effect en een groot deel van de besparingen werden teruggeschroefd.¹⁷

Tabel 3: Een overzicht in kilo-Belgische frank van het IIKW-budget en de jaarlijkse toewijzingen in de vier commissies in de periode 1988–1991. Hoewel het totale IIKW-budget redelijk constant blijft dalen de toewijzingen sterk.¹⁸

Jaar	IIKW-budget	Lage energie	Nucleaire scheikunde	Hoge energie	Vaste stof	Totaal over de vier commissies
1988	410.025	82.587	139.841	85.704	49.637	357.769
1989	419.154	87.592	45.354	42.544	81.354	256.844
1990	414.005	89.818	9.630	48.357	98.208	246.013
1991	384.518	58.984	26.248	46.467	31.670	163.369

De afbouw van het IIKW zette zich verder in 1994. Het IIKW werd niet meer vermeld op de NFWO-formulieren voor projectaanvragen en in het jaarverslag van het IIKW werd enkel nog de federale bijdrage vermeld (dit is de reden van de sterke val van het IIKW-budget in grafiek 3). Maar het grootste probleem kwam er voor het door het IIKW gefinancierde administratief en technisch personeel. Aan de Vlaamse universiteiten bestond die in 1994 uit 48 personeelsleden. Er kwam een brief van het NFWO dat een bediendencontract, afgesloten na 1 januari 1986, niet meer dan 10 jaar ten laste van een of verschillende opeenvolgende IIKW-projecten verder gefinancierd kon worden. Nu hadden de meesten een contract van onbepaalde termijn, dat verschillende keren vernieuwd werd omdat de looptijd van een IIKW-project meestal beperkt werd tot 4 jaar. Een zevental ATP personeelsleden van het IKS kwamen zo in de problemen. De jongste ervan was al 15 jaar in dienst, de oudste 23 jaar. Ook bij andere afdelingen en aan andere universiteiten was het IIKW-personeel bedreigd. Naast het menselijk leed dat dit veroorzaakte, leek ook zo de jarenlange opgebouwde expertise verloren te gaan. Uiteindelijk werd er met de universiteiten een overgangsfase van 5 jaar afgesproken, waardoor het mogelijk werd om een deel van de betrokkenen op te nemen binnen de universiteit of te financieren op andere projecten.

De verdere regionalisering leidde in 1996 tot het oprichten van het Fonds Wetenschappelijk Onderzoek-Vlaanderen (FWO).¹⁹ De IIKW-commissies voor hoge-energiefysica (deeltjesfysica) en lage-energiefysica (kernfysica) werden samengevoegd tot de reguliere FWO-commissie E5 Subatomaire fysica. Dit leidde binnen de commissie soms tot moeilijke discussies omdat de schaal van de experimenten en dus ook de budgetaanvragen sterk verschilden tussen de twee disciplines. In 2010 werd ook de

commissie E5 Subatomaire fysica opgeheven, waarna de deeltjesfysica en kernfysica opgenomen werden in de commissie W&T2 Fysica. Dit maakte het nog een stuk moeilijker, vooral rond deelname aan projecten in internationale onderzoeksinstituten, zoals CERN. De bevoorrechte positie die de deeltjes- en kernfysica dankte aan het IIKW was sprongsgewijs verzwakt en na 66 jaar volledig verdampt. Maar het IKS was voldoende sterk geworden om dit te incasseren en om de competitie aan te gaan voor financiering binnen de universiteit, Vlaanderen, België en later ook Europa.

Evaluatie van het onderzoek: tellen en wegen

De evaluatie van projectaanvragen bij financieringsinstellingen en van bundelaanvragen bij versnellerscentra gebeurt meestal door een groep van experts die met de materie vertrouwd zijn. Het is een stuk moeilijker om verschillende disciplines, instituten of universiteiten onderling met elkaar te vergelijken en evalueren. Zo gebruikte het Departement Natuurkunde voor de verdeling van de universitaire werkingstoelagen over de afdelingen eerst als basis het aantal onderzoekers en het aantal wetenschappelijke artikels. Dit werd later bijgestuurd door rekening te houden met de ranking van de tijdschriften waarin gepubliceerd werd. In 1990 liet de Gentse universiteit als eerste in Vlaanderen een grootschalige bibliometrische evaluatie uitvoeren aan de faculteiten Wetenschappen en Geneeskunde. De Leuvense Dienst Onderzoekscoördinatie volgde in 1993 dit voorbeeld en vroeg aan de Rijksuniversiteit Leiden een analyse van het publicatiegedrag.²⁰ Er werd gebruikgemaakt van de Science Citation Index-databank, waarbij het aantal publicaties van een onderzoeker werd bijgehouden en waar en hoe vaak aan ieder artikel van die onderzoeker werd gerefereerd. Ook kregen de academische tijdschriften een impactfactor²¹. De Dienst Onderzoekscoördinatie gebruikte voortaan deze studies bij het evalueren van projectaanvragen en van onderzoekers.

De middelmatige IKS-resultaten wekten bij de staffleden eerst verbazing, dan ongenoegen, vervolgens protest en daarna berusting op, en finaal werd er een strategiewijziging doorgevoerd. Op het IKS bestond de gewoonte veel te publiceren in het tijdschrift *Hyperfine Interactions*, waarin ook de proceedings van conferenties gepubliceerd werden. Hierdoor kwam ook heel wat weinig baanbrekend en weinig geciteerd werk van overal in de wereld in het tijdschrift terecht, met als gevolg een heel lage impactfac-



Groepsfoto van de IKS leden (1993).

tor. In de kernfysica maakte de impactfactor voor bepaalde tijdschriften geen verschil tussen kernfysica en deeltjesfysica. Maar in de deeltjesfysica werd, zoals op CERN, soms gepubliceerd met honderden auteurs, wat natuurlijk dan ook het aantal citaties voor dergelijke artikels serieus beïnvloedde. Zo kwam men tot het bevreemdende resultaat dat voor kernfysica de universiteit van Oxford de top was, hoewel er nauwelijks aan kernfysisch onderzoek werd gedaan (hun toppublicaties waren allemaal over deeltjesfysica). Kortom, als de bibliometrische evaluatie de bovenhand kreeg bij het beoordelen van onderzoekseenheden en het selecteren van projectaanvragen, zag het er niet goed uit voor het IKS, en ook niet voor de andere afdelingen in het departement. Op het IKS werden maatregelen genomen, zoals mikken op tijdschriften met een hoge impactfactor en niet meer publiceren in conferentieproceedings, zelfs al verschenen die in de wetenschappelijke tijdschriften. Dit laatste zorgde soms voor wrevel bij sommige betrokken onderzoekers in het buitenland en bij de organisatoren van conferenties. Maar het leidde wel tot betere resultaten.

Peter Fleming omschreef de jaren negentig in zijn boek *Dark Academia. How Universities Die* als het kantelpunt waarop competitie won van collegialiteit.²² Gelukkig worden er nu maatregelen genomen om verantwoord gebruik te maken van *research metrics* en onderschrijft de KU Leuven verschillende internationale oproepen en aanbevelingen om te streven naar een integer beoordelingsklimaat.²³

DE HORIZON VERBREEDT: INTERNATIONALISERING OP VOLLE SNELHEID

Zo al aangegeven, werden niet enkel op het IKS of aan de versnellers van Louvain-la-Neuve experimenten uitgevoerd, maar soms ook op buitenlandse versnellerscentra. De pioniers hiervan waren de kernoriëntatiegroep van Vanneste met de NICOLE-kernoriëntatieopstelling aan ISOLDE, CERN en de lasergroep van Silverans op COLLAPS, ook aan ISOLDE, CERN. Voor het kernfysisch onderzoek was de verdere stap naar het buitenland evident. Op het IKS zelf waren er geen krachtige versnellers voor kernfysische experimenten en de CYCLONE110-versneller in Louvain-la-Neuve verloor stilaan de competitie met de grotere versnellerscentra in het buitenland. De situatie van de nucleaire vastestoffysica was vergelijkbaar. Het IMBL was wel uitstekend uitgerust met de pelletronversneller, de isotopenseparator en verschillende meetopstellingen, maar toch waren er beperkingen. Zo was er de beperkte hoeveelheid langlevende isotopen die geschikt waren voor de hyperfijntechnieken, vandaar de interesse in de isotopen die op ISOLDE beschikbaar waren. Maar met de opkomst van deeltjesversnellers die specifiek gericht waren op materiaalonderzoek, zoals de synchrotrons, openden er zich nieuwe mogelijkheden.

De stijgende betrokkenheid van het IKS in internationale versnellerscentra was volledig in lijn met wat overal in Europa gebeurde. Hierbij speelde voor de Europese kernfysica de oprichting in oktober 1988 van het Nuclear Physics European Collaboration Committee (NuPECC), een Expert Committee binnen de European Science Foundation, een grote rol. Dit comité wilde de samenwerking tussen de Europese kernfysici en insti-

tuten stimuleren om het gebruik van de onderzoekscentra te optimaliseren, gemeenschappelijk nieuwe instrumentatie te ontwikkelen, uitwisseling van onderzoekers te promoten en initiatieven voor Europese scholen en conferenties aan te moedigen. In het eerste *Long Range Plan*, in 1991 verschenen onder de titel *Nuclear Physics in Europe: Opportunities & Perspectives* werd het $^{13}\text{N}(\text{p},\gamma)^{14}\text{O}$ -spectrum opgemeten in Louvain-la-Neuve als voorbeeld opgenomen voor het toenemende belang van radioactieve ionenbundels in het kernfysisch onderzoek.¹ Een werkgroep, waarin ook Van Duppen zat, werd samengesteld, wat in 2000 resulteerde in een lijvig rapport over de Europese radioactieve ionenbundelfaciliteiten.² NuPECC verzorgde ook de contacten met de nationale en Europese financieringsinstellingen. Deze stevige Europese samenwerking heeft zeker geholpen om, in 2006, twee voorstellen voor nieuwe kernfysische installaties op de eerste *roadmap* van het European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) te krijgen. Het betrof FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research in Europe), in opbouw in Darmstadt, Duitsland en SPIRAL2 (Système de Production d'Ions Radioactifs en Ligne de 2e génération) in Caen, Frankrijk.

De aanbevelingen die in de verscheidene *Long Range Plan*-uitgaven geformuleerd werden, waren een belangrijk houvast voor de onderzoeksplannen van het IKS.

De weg naar de FWO-Big Science-financiering

Bij de buitenlandse onderzoeksinstituten waar het IKS actief was, moest experimenteertijd niet aangekocht worden, maar moesten aanvragen voor experimenten ingediend en verdedigd worden bij het lokale, maar internationaal samengestelde adviescomité. Veelal gebeurden die aanvragen in collaboratie met partners uit het binnen- en buitenland. Bundeltijd was overal beperkt en de competitie was groot. De evaluatie gebeurde op basis van de kwaliteit, uitvoerbaarheid en urgentie van het voorgestelde experiment. Bij de grote internationale centra, zoals CERN, moest er niet betaald worden voor de kosten van de geleverde bundels, want die werden gefinancierd via overeenkomsten tussen de deelnemende landen. Maar er werd wel van de partners in het goedgekeurde experiment een bijdrage verwacht, zowel financieel als in mankracht, in de ontwikkeling, bouw en het gebruik van de experimentele opstellingen. Vaak leidde dit tot zware investeringen. Het was niet evident, soms onmogelijk om dit gefinancierd

te krijgen via de gebruikelijke FWO-kanalen, zeker niet met het verdampen van het IIKW. Een nieuwe aanpak was nodig.

Dat was niet enkel een probleem voor het IKS. Het werd rond 1995 duidelijk dat de meeste onderzoeksinstellingen in Vlaanderen, mede door de verhoogde aanvraagmassa, slechts over een beperkte financiële ruimte beschikten voor de aanschaf van zware onderzoeksinfrastructuur. Hiermee dreigde Vlaanderen een ernstige achterstand op te lopen ten opzichte van de rest van Europa. Twee initiatieven werden ondernomen.

In de nieuwe beheersovereenkomst van het FWO (2002–2007) werden enkele bepalingen opgenomen waarbij een klemtoon werd gelegd op financiering van middelzware onderzoeksinfrastructuur. In het geval van bijkomende middelen aan het FWO moest minstens 20% hiervan besteed worden aan de aankoop van middelzware uitrusting. Ook kwam er een klemtoon op inter- en transdisciplinair onderzoek.³

Samen met het al enkele jaren toepassen van een lineaire verdeelsleutel over alle commissies waren de gevolgen voor de commissie E5 Subatomaire fysica catastrofaal. Op 14 oktober 2003 schreven de Vlaamse onderzoekers actief in het domein van de subatomaire fysica een brief aan de Vlaamse rectoren, als leden van de raad van bestuur van het FWO. Een onderdeel uit de brief schetst het probleem: ‘Om deze experimenten te plannen en uit te voeren worden omvangrijke internationale samenwerkingen opgezet die over vele jaren lopen en die ook belangrijke financiële middelen vereisen. Deze betreffen de ontwikkeling en bouw van de detectoren en de jaarlijkse onderhouds- en exploitatiekosten. Tot voor enkele jaren was het mogelijk om via de commissies hoge energie en lage energie van het FWO voldoende middelen te bekomen om over een lange periode engagementen aan te gaan binnen dergelijke collaboraties. Als Vlaanderen een duidelijk zichtbaar profiel heeft in het CERN is het onder meer daaraan te danken. Sinds een viertal jaren is de situatie aan Vlaamse zijde totaal veranderd en dit door het toepassen van een lineaire verdeelsleutel over alle commissies van het FWO. Binnen de huidige commissie voor subatomaire fysica is het zinloos om een “20%-regel” toe te passen. Om het plastisch voor te stellen, men kan geen experimenten doen met een deeltjesversneller die maar versnelt tot een vijfde van de energie.’⁴

De Vlaamse regering keurde in december 2003 de impulsfinanciering voor wetenschappelijke apparatuur goed. En eind 2007 werd de Herculesstichting opgericht als nieuw structureel financieringsinstrument voor middelzware en zware onderzoeksinfrastructuur.

Snel was het duidelijk dat beide initiatieven de problemen van Vlaamse onderzoeksgroepen in grote internationale onderzoeksinfrastructuren niet konden oplossen. Op universitair en Vlaams vlak waren de nieuwe middelen sterk gericht op intra- en interuniversitaire samenwerking, terwijl ook samenwerking met bedrijven een pluspunt was. Deze ‘interne’ gerichtheid stond haaks op internationale positionering. Investerings in het buitenland waren duidelijk geen prioriteit. In het geval van de kernfysische groepen van het IKS, al werkzaam op diverse buitenlandse onderzoekcentra, was het ook nog zo dat er geen experimentele partners in de kernfysica meer waren in de andere Vlaamse/Belgische universiteiten. Wel was er een sterke samenwerking met de theoretische kernfysici van de UGent en van de ULB.

Viceminister-president Fientje Moerman vroeg in 2005 advies aan de Vlaamse Raad voor Wetenschapsbeleid (VRWB) voor een nieuw beleidskader voor internationale wetenschappelijke en technologische samenwerking, waarbinnen ook de ondersteuning van Vlaamse onderzoekers aan grootschalige multilaterale infrastructuren aan bod zou komen. Een ad-hocwerkgroep om het advies voor te bereiden, werd opgericht. Lode Wyns (VUB) was de voorzitter, Huyse en Heyde (UGent) vertegenwoordigen ISOLDE, CERN. De werkgroep vergaderde vele malen tussen oktober 2005 en juni 2006. Op 8 december 2005 publiceerde VRWB het tussentijdse Advies 95 rond de urgente problemen van onder meer de Vlaamse fysici op CERN.⁵ Op 28 september 2006 werd het syntheserapport *De Vlaamse deelname aan grote internationale onderzoeksinfrastructuur* gepubliceerd als VRWB Advies 106.⁶ Het advies werd gevolgd en in 2008 startte het Big Science-programma van het FWO ter ondersteuning van de operationele, logistieke en institutionele kosten verbonden aan onderzoeksprojecten uitgevoerd aan grote internationale onderzoeksfaciliteiten. Dit programma liep tot 2017, waarna het omgevormd werd tot het ‘International Research Infrastructure’-programma.

Het IKS wordt bijna volledig uithuizig

Het is niet mogelijk om een overzicht te geven van de verschillende plaatsen waar IKS-onderzoekers experimenten uitvoerden. De belangrijkste worden wel besproken en tevens wordt de ontwikkeling gegeven van de diverse onderzoekslijnen aldaar.

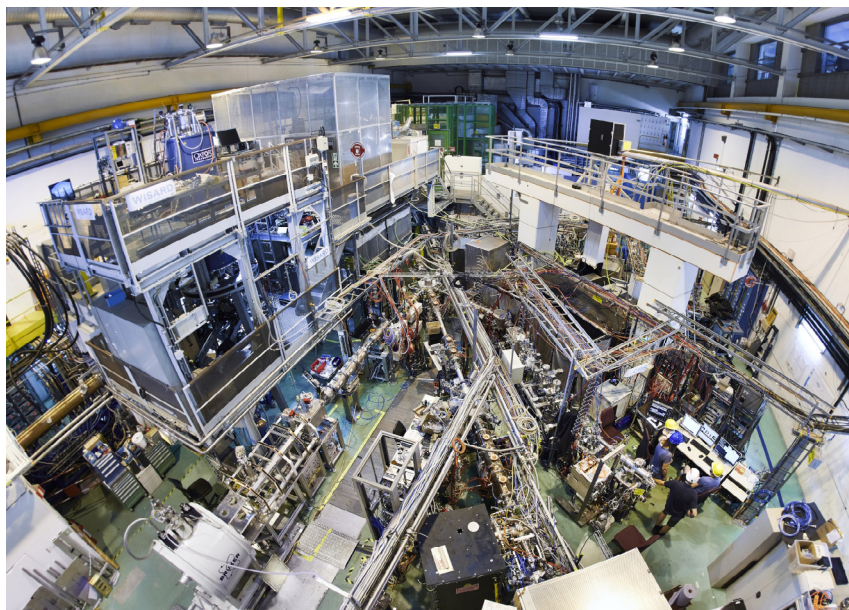
CERN, Genève, Zwitserland met het ISOLDE-programma

CERN is wel een afkorting voor 'Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire' (opgericht in 1954, met België als stichtend lid), maar 'Nucléaire' dekt al lang niet meer de lading. De hoofdactiviteit is fundamenteel onderzoek naar de elementaire deeltjes. Maar kernfysica is nog altijd een belangrijke nevenactiviteit op CERN. Hier moet even de werking van CERN worden uitgelegd. De beheersovereenkomst van CERN stipuleert dat de jaarlijkse bijdragen van de deelnemende landen (in België ingeschreven op federaal niveau) gebruikt worden voor het runnen van de versnellers en wanneer nodig de bouw van nieuwe versnellers. Het bouwen en runnen van de experimentele opstellingen is ten laste van collaboraties tussen diverse landen. Zo concentreert België zich in de Compact Muon Solenoid-detector voor wat de deeltjesfysica betreft en in ISOLDE voor wat de kernfysica betreft.

Hoewel er al vroeger enkele experimenten uitgevoerd werden op ISOLDE, werd België pas officieel lid van de ISOLDE-collaboratie in 1993. Het 'ISOLDE Memorandum of Understanding' werd ondertekend door Paul Levaux, secretaris-generaal van het NFWO-FNRS, en de jaarlijkse bijdrage werd betaald via het federale IIKW. Zoals hieronder en ook verder zal blijken, werd ISOLDE de belangrijkste buitenlandse onderzoeksinfrastructuur voor het IKS, zowel voor de kernfysica als de vastestoffysica met kernfysische methoden. Maar het IKS was ook belangrijk voor ISOLDE en voor CERN, want Leuvense fysici speelden een sterke rol door de leiding te nemen in nieuwe ontwikkelingen op ISOLDE, door functies op te nemen in de verschillende wetenschappelijke organen op CERN en door CERN sterk te verdedigen in België. En dat doen ze nog steeds.

Kernoriëntatie en fundamentele interacties

Het onderzoek van de kernoriëntatiegroep, gestart in Leuven en dan uitgebreid met de KOOL-opstelling op LISOL, culmineerde in de NICOLE-opstelling op ISOLDE. Severijns nam de coördinatie van het NICOLE-project op zich. Er werden nu ook detectoren gemonteerd binnen in de NICOLE-cryostaat op 4 kelvin. Zij werden gebruikt om de LISOL-metingen van de anisotropie van alfastraling uitgezonden door georiënteerde kernen sterk uit te breiden, zowel naar element als naar de grootte van de kerndeformatie. Er werden metingen uitgevoerd op zeer sterk vervormde isotopen van protactinium.



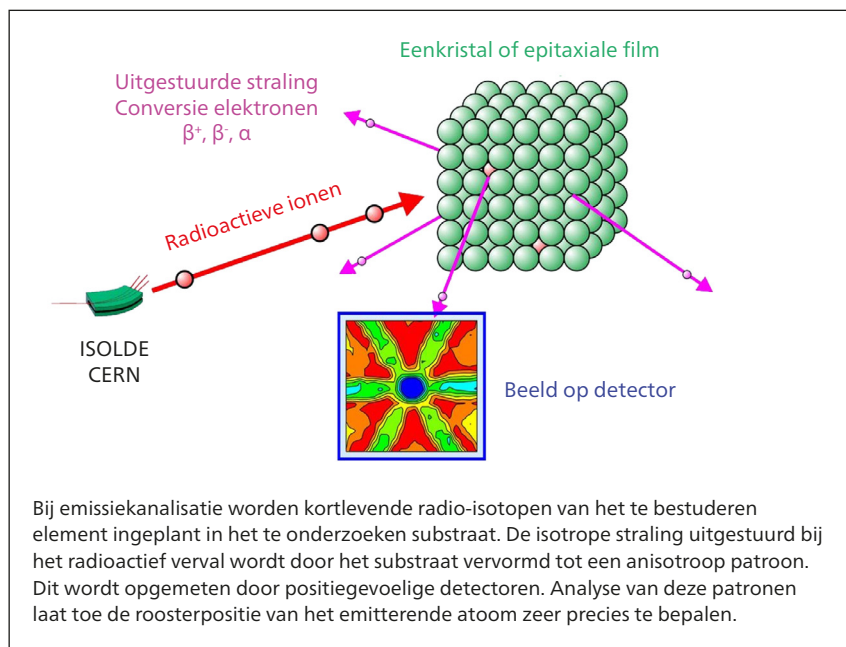
De bundellijnen op ISOLDE met links de twee-verdieping hoge WITCH-WISARD-opstelling (2019).

Geleidelijk verschoof de focus van de kernoriëntatiegroep volledig naar de studie van de zwakke interactie. Op verscheidene meetopstellingen (KOOL, NICOLE en een off-line opstelling in Leuven) werden precisie- β -asymmetriemetingen met gepolariseerde kernen uitgevoerd. Zo konden verscheidene eigenschappen van de zwakke interactie, en dus ook het bestaan van nog andere mogelijke bosonen dan enkel een rechtshandig boson, onderzocht worden. In 1998 werd daarbij ook een positron-polarimeter gekoppeld aan de NICOLE-kernoriëntatieopstelling. Dit alles was het voorspel voor een grotere opstelling aan ISOLDE: de WITCH-spectrometer (Weak Interaction Trap for CHarged particles), die twee penning-type ionenvallen⁷ bevat. De door Leuven geleide installatie startte in 2002 en na verschillende doctoraten over de ontwikkelingen van de spectrometer werd in 2014 het eerste terugstootenergiespectrum van ^{35}Ar opgemeten. In 2015–2016 werd de spectrometer in samenwerking met Bertram Blank (Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux Gradignan, Bordeaux, Frankrijk) omgebouwd tot WISARD (Weak Interaction Studies in Argon Decay) met als focus het gedetailleerd opmeten van de β -neutrinocorrelatie in het verval van ^{32}Ar .

Vastestoffysica

Na enkele mislukte testen op LISOL en ISOLDE werd in 1994 voor het eerst een emissiekanalisatie en blokkeringspectrum opgenomen (zie tekening 4). Een rigoureuus ontwikkelingsprogramma in zowel positiegevoelige detectoren als in modellering zorgde voor een doorbraak in deze techniek. ISOLDE, met meer dan 1300 radioactieve isotopen van meer dan 70 elementen uit de tabel van Mendelejev, werd de geschikte plaats voor deze studies. Een van de drijvende krachten achter deze ontwikkeling was Ulrich Wahl (Universidade de Lisboa, Portugal) in de periode 1996–2001 postdoc op het IKS en sindsdien een geassocieerd onderzoeker van het IKS. Wahl begeleidde Lino da Costa Pereira (1985), een licentiaatsstudent aan de universiteit van Porto, voor zijn eindwerk rond emissiekanalisatie op CERN. Pereira besloot om dit werk, met een Portugese beurs en in samenwerking met de universiteiten van Porto en Lissabon, verder te zetten voor een doctoraat in de vastestofgroep in Leuven (2007–2011). Na drie jaar als FWO-postdoc op het IKS en aan de Australian National University (Canberra, Australië) kreeg hij in 2014 een KU Leuven Tenure Track ZAP-positie en werd hij opgenomen in de vaste staf.

Tekening 4: Emissiekanalisatie





Lino da Costa Pereira geeft uitleg over emissiekanalisatie aan onder anderen koning Filip en Nobelprijswinnaar François Englert (21/5/2014).

Experimenten, gebaseerd op hyperfijntechnieken, vormden de rest van het Leuvense vastestofprogramma op ISOLDE. De mössbauer-metingen op ISOLDE startten al op het einde van de jaren zeventig, maar pas in 1996 kwam er een sterke betrokkenheid van Leuven dankzij de beschikbaarheid van uiterst zuivere en intense mangaan-57-bundels, mogelijk gemaakt door de ontwikkeling van RILIS (Resonant Ionization Laser Ion Source), een nieuw type ionenbron op ISOLDE. De ^{57}Mn -kern, met zijn halveringstijd van 85 seconden, voedt in het verval een isomere toestand in ijzer-57, het mössbauer-isotoop bij uitstek. In vergelijking met de standaard ^{57}Fe -metingen, gevoed via cobalt-57, met zijn 272 dagen halveringstijd, wordt de tijd om een mössbauer-spectrum te bekomen met grootteordes ingekort⁸. Maar vooral wordt de mogelijkheid gecreëerd om mössbauer-studies uit te voeren met veel lagere concentraties van ingeplante isotopen dan in off-line experimenten. Zeker bij de studies van materialen die gevoelig waren voor implantatieschade, zoals halfgeleiders, opende dit interessante onderzoeksperspectieven.

Laserspectroscopie

Na het vertrek in 1990 van Silverans en zijn groep naar VSM was het IKS nog slechts beperkt betrokken bij de COLLAPS-hogeresolutie-laserexperimenten op ISOLDE. Ludo Vermeeren, gedoctoreerd bij Silverans, bekwam in 1993 een 2 x 3-jarig NFWO-postdocmandaat binnen de kernspectroscopiegroep rond laseronderzoek op ISOLDE en LISOL. Ook bleef Lievens, als postdoc bij Silverans en ook na zijn benoeming bij VSM, nog deelnemen aan de COLLAPS-experimenten.

De situatie veranderde toen Gerda Neyens (1965) in 2004 de COLLAPS-collaboratie vervoegde. Neyens, die in 1993 doctoreerde in de LMR-groep van Coussement, had zich in haar postdocperiode voornamelijk geconcentreerd op *level mixing*-projecten in Louvain-la-Neuve en op GANIL, het versnellerscentrum in Caen, Frankrijk. De samenwerking met GANIL wordt even verder beschreven. Neyens werd in 2004 voltijds benoemd aan de KU Leuven en richtte haar onderzoekswerk meer en meer op ISOLDE. Dit werd de succesvolle start van een vernieuwde Leuvense betrokkenheid in het collineaire laserwerk. Neyens werd ISOLDE Physics Group Leader in 2017 en dat tot 2021. De belangrijkste taken van een Physics Group Leader op CERN zijn het aansturen van de Physics Group,



Gerda Neyens en Ági Koszorús bij de CRIS-opstelling aan ISOLDE, CERN (2019).

optreden als woordvoerder van de ISOLDE Collaboratie en contact onderhouden met het CERN-management.

Vergeleken met de RILIS- en IGLIS-techniek was de resolutie op COLLAPS-grootteordes beter maar de gevoeligheid stukken lager, waardoor men grotere hoeveelheden van de te onderzoeken kernen nodig had. Dat was voor sommige interessante isotopen niet mogelijk. We gaan even terug in de tijd. Vladilen Letokhov (1939–2009) en Youri Kudryavtsev, beiden verbonden aan het befaamde Institute of Spectroscopy, Troitsk, Rusland, stelden in 1982 de collineaire resonante-ionisatietechniek voor, die de hoge gevoeligheid van de in-brontechniek en de hoge resolutie van collineaire laserspectroscopie zou combineren. Een experiment werd opgezet op ISOLDE, een samenwerking tussen de lasergroep uit Troitsk, de lasergroep uit Mainz, Duitsland en Peter Lievens van het IKS, postdoc op CERN. Als *Proof of Principle* was het geslaagd, maar de efficiëntie was nog te laag. Pas 30 jaar later werd de techniek voldoende geoptimaliseerd. Op ISOLDE werd in 2008 een voorstel ingediend door vijf onderzoeksgroepen, waaronder de groep van Neyens, voor experimenten op CRIS (Collinear Resonant Ionization Spectroscopy), een nieuwe opstelling aan een nieuwe bundellijn. CRIS was en is een groot succes met verschillende publicaties in *Nature*-gerelateerde tijdschriften.

Kernspectroscopie

Het onderzoek naar vormco-existentie opgestart op LISOL met de doctoraten van Van Duppen en Coenen, werd begin jaren 90 voortgezet op ISOLDE, CERN vanwege de hogere producties aldaar. De gedetailleerde studie van het alfaverval van even-even kernen in het loodgebied bleek een uitstekende manier te zijn om toestanden te identificeren met een verschillende vorm. Kernen kunnen een sferische vorm hebben maar ook een oblate (zoals een discus) of prolate (zoals een rugbybal) sferoïdale vorm, zelfs een tri-axiale vorm (zoals een peer).

Piet Van Duppen werd op 34-jarige leeftijd de Physics Group Leader van ISOLDE, de jongste ooit. In zijn tweejarig verblijf (1993–1994) op CERN was Van Duppen onder andere sterk betrokken bij de ontwikkeling van de RILIS-ionenbron. Laserlicht was opnieuw het ioniserende mechanisme, maar nu gebeurde dit in een heet gestookte caviteit. De samenwerking tussen onderzoeksgroepen van CERN, Mainz, Troitsk en Darmstadt resulteerde in een efficiënte, chemisch selectieve ionenbron die snel uitgroeide tot de meest gebruikte ionenbron (> 50%) op ISOLDE.

Zo waren de hogergenoemde mössbauer-metingen op Mn/Fe pas mogelijk geworden met deze nieuwe ionenbron. De selectiviteit was zo groot dat voor bepaalde radioactieve isotopen, waar naast de grondtoestand er ook een of meer langlevende isomere toestanden bestaan, de verschillende isomere toestanden van elkaar gescheiden konden worden. De laserionenbron werd niet enkel gebruikt voor de productie van zuivere bundels, die dan verder gebruikt werden in de verschillende experimenten op ISOLDE. Met de ionenbron konden er ook laserspectroscopische metingen uitgevoerd worden, weliswaar met een lage resolutie. Door in functie van de laserfrequentie de intensiteit van de geproduceerde ionen op te meten, kon er informatie van de atoomkern bekomen worden, zoals de ladingsstraal. De Leuvense kernspectroscopiegroep gebruikte de laser-geïoniseerde bundels zowel voor vervalstudies als voor ladingsstraalmetingen. Andrei Andreyev (1963), een onderzoeker uit Dubna, Rusland en postdoc in Leuven tijdens de periodes 1995–1996 en 1999–2000 en *visiting professor* in de periode 2007–2010, was hierbij een van de drijvende krachten.

In tegenstelling tot andere ISOL-faciliteiten beschikte ISOLDE niet over een vaste set-up voor vervalspectroscopie. Iedere groep die bundeltijd had gekregen, bracht zijn eigen opstelling mee. Dat zorgde voor veel opbouwen en ontmantelingsinspanningen maar ook voor opstellingen die, vergeleken met de opstellingen op andere plaatsen, niet hetzelfde niveau haalden wat efficiëntie, resolutie en flexibiliteit betreft. Een workshop rond de nood aan een permanente set-up voor vervalstudies vond plaats op ISOLDE in oktober 2012. Onder impuls van de Leuvense Spectroscopiegroep werd de ISOLDE Decay Station-collaboratie opgezet. In totaal droegen negentien instituten bij aan het ontwerp, constructie, gebruik en verdere ontwikkeling van de opstelling. Van Duppen was van 2012 tot 2018 de *spokesperson* van de collaboratie. Dr. Hilde De Witte (1977), instrumentspecialist op het IKS, is van bij het begin de technisch coördinator.

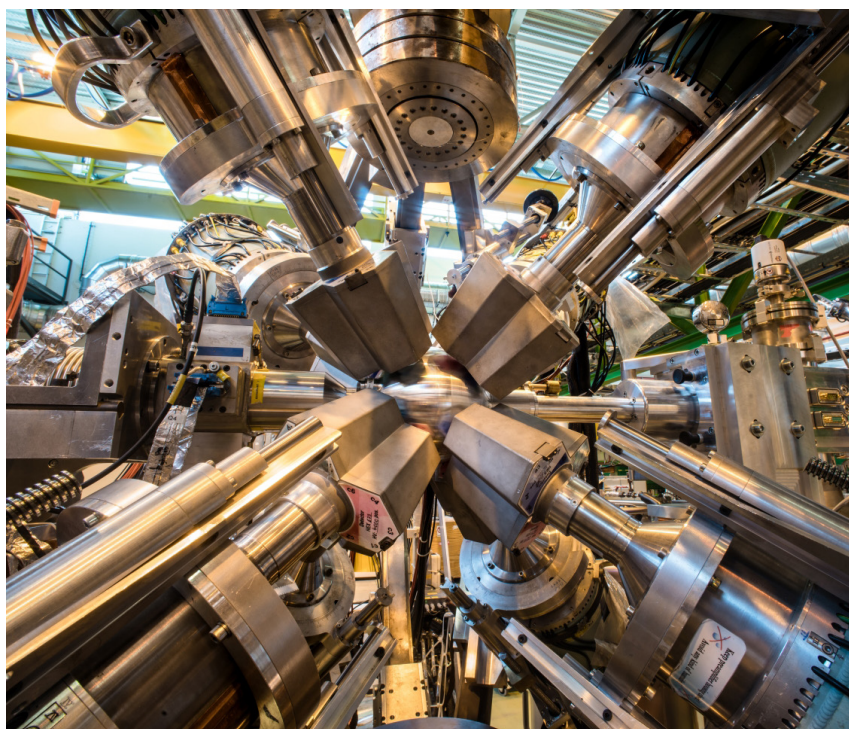
In dezelfde periode waar in Louvain-la-Neuve de eerste naversnelde ISOL-bundels werden geproduceerd door de twee cyclotrons te koppelen, waren er ook plannen op CERN om een deeltjesversneller te koppelen aan ISOLDE. Maar het was pas tijdens het verblijf van Van Duppen op CERN dat de plannen geconcretiseerd werden met het indienen in 1994 van de REX-ISOLDE-aanvraag (Radioactive beam EXperiment at ISOLDE). Het cruciale onderdeel van deze experimentele opstelling was de Electron Beam Ion Source (EBIS), waar op een innovatieve manier de laagenergetische eenmaal geladen ionen omgevormd werden tot een bundel van ionen

in een hogere ladingstoestand, zodat ze efficiënt versneld konden worden, ongeacht hun massa. REX-ISOLDE startte op als een experiment, gedragen door een twaalfstal Europese instituten. De constructie en de eerste testen werden gefinancierd via bronnen buiten CERN.

Het experimentele programma van REX-ISOLDE concentreerde zich op kernreacties met radioactieve ionenbundels, een voor ISOLDE nieuw onderzoeksgebied waarin de IKS-kernspectroscopiegroep met het RIB-project in Louvain-la-Neuve al ervaring had. Hiervoor waren er wel nieuwe detectoropstellingen nodig. Met de hulp van een belangrijke financiële injectie van het FWO kon het IKS substantieel bijdragen in de ontwikkeling van de Miniball-detector, een opstelling met 24 individuele Ge-kristallen, gegroepeerd in 8 cryostaten. De eerste metingen startten in 2001. Een van de hoogtepunten in de daaropvolgende jaren was de Coulomb-excitatie van een kortlevende isomere kern. Dit experiment werd geleid door de Leuvense groep. In koper-68 (^{68}Cu) is er op 722 keV een isomere toestand met een halveringstijd van 3,75 minuten. Door via de laserionenbron selectief deze toestand te ioniseren en vervolgens met REX-ISOLDE na te versnellen, werd deze toestand bij de botsing met een trefschijf gedwongen om te vervallen tot de grondtoestand. De uitgezonden straling werd gedetecteerd met de Miniball-detector. Dit geïnduceerde verlies van nucleaire energie zou, onbedoeld, belangrijk kunnen zijn in de ontwikkeling van een gammalaser.

Het REX-ISOLDE-programma kende, zowel vanuit een technisch als wetenschappelijk oogpunt, een groot succes.⁹ Van Duppen ontving in 2020 hiervoor de Lise Meitner-prijs, de belangrijkste prijs in Europa voor kernfysisch onderzoek. De prijs werd uitgereikt door de European Physical Society, met als omschrijving: ‘Piet Van Duppen pushed the production and investigation of post-accelerated radioactive beams with REX-ISOLDE, for which he laid the foundation with his early work in Louvain-la-Neuve.’

Met REX-ISOLDE bekleedde ISOLDE in de internationale context de benijdenswaardige positie van de faciliteit met het grootste aantal mogelijke radioactieve bundels om te versnellen. Wel was het zo dat het energiebereik van de bundels beperkt was, zodat een heel gamma van mogelijke kernreacties niet toegankelijk was. De uitbreiding naar hogere energieën was noodzakelijk. Dit leek een taak te zijn voor de versnellers-afdeling van CERN, maar die was volop bezig met de bouw van de Large Hadron Collider (LHC).¹⁰ In 2002 werd onder impuls van het CERN-



De Miniball-detectoropstelling op ISOLDE, CERN (2001).

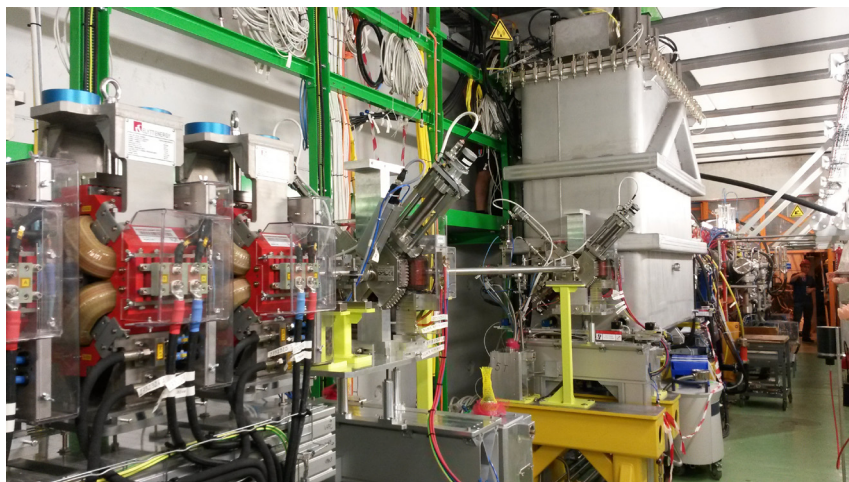
directoraat de Standing Group for the Upgrade of ISOLDE opgericht, een forum voor discussies rond een mogelijke upgrade en een kanaal om informatie door te spelen naar het CERN-management. Van Duppen en Huyse waren lid van deze groep. Het was snel duidelijk dat REX-ISOLDE, dat nu al meer dan 50% van de bundeltijd op ISOLDE gebruikte, voor zijn upgrade moest evolueren van een experiment, dus extern gefinancierd en gerund door de deelnemende onderzoeksgroepen, naar een CERN-faciliteit en zo geïntegreerd moest worden in de CERN-versnellersdivisie.

Maar de prioriteit van CERN lag in de bouw van de LHC en er konden geen fondsen vrijgemaakt worden voor de integratie. Die integratie samen met een upgrade kon er enkel komen als er externe financiering werd gevonden die voor maximaal 6 jaar de kosten kon dekken. Ook moest de ISOLDE-hall uitgebreid worden. Samen met groepen uit Duitsland, Scandinavië en het Verenigd Koninkrijk engageerde de IKS-KU Leuven-groep zich in een memorandum om fondsen te verwerven voor de upgrade.¹¹ Juha Äystö, de voorzitter van het

ISOLDE-Neutron Time-of-Flight Experiments Committee (INTC), kreeg in 2005 de opdracht van het CERN-directoraat om een volledige vergadering van het INTC te wijden aan de toekomst van kernfysica en astrofysica op CERN. Het INTC is een van de drie expertencomités van CERN¹² waar de aanvragen voor experimenten worden geëvalueerd. De Research Board ontvangt de aanbevelingen van de drie expertencomités en neemt beslissingen. De goedgekeurde voorstellen worden dan opgenomen in het experimentele programma van CERN. De speciale INTC-meeting vond in oktober 2005 plaats onder de naam 'Nuclear Physics and Astrophysics at CERN'. De conclusie was duidelijk: om de leidende rol te behouden in het gamma van radioactieve ionenbundelfaciliteiten, had ISOLDE verhoging van zowel de energie, de intensiteit als de zuiverheid nodig.¹³ Dit nieuwe project werd 'High Intensity and Energy – ISOLDE' (HIE-ISOLDE) genoemd en werd beschreven in een technisch rapport¹⁴ en een rapport over de wetenschappelijke opportuniteiten.¹⁵

De mogelijke realisatie van HIE-ISOLDE was van cruciaal belang voor het verdere bestaan van ISOLDE. Op verschillende plaatsen in de wereld waren er plannen om radioactieve ionenbundelfaciliteiten, zoals ISOLDE, nieuw te bouwen of te upgraden. CERN wilde niet verder investeren in een faciliteit die niet competitief was. Maar met HIE-ISOLDE zou ISOLDE duidelijk de leiding blijven behouden. Mogelijke bijkomende schade bij een sluiting van ISOLDE zou op Vlaams, zelfs op Belgisch vlak, zware gevolgen kunnen hebben. Het feit dat de KU Leuven niet meer zou deelnemen aan het CERN-programma en er zo een van de twee takken van het Belgisch onderzoek op CERN wegviel, zou druk kunnen doen ontstaan op de Belgische deelname aan CERN. Geen unieke Belgische situatie, want die vrees bestond ook bij andere, eerder kleine landen met relatief veel onderzoekers aan ISOLDE in vergelijking met de deelname aan de andere grote experimenten op CERN.

Het verwerven van fondsen in de diverse Europese landen die deelnamen aan het HIE-ISOLDE-project was niet eenvoudig, ook niet voor Vlaanderen. Zowel in 2004 als 2005 werden de aanvragen voor impulsfinanciering en voor excellentiefinanciering niet in aanmerking genomen, niet vanwege het wetenschappelijk project zelf maar op basis van argumenten zoals 'de infrastructuur komt niet in Vlaanderen', 'er zijn geen of te weinig partners binnen de universiteit of in Vlaanderen'. Gelukkig besliste de KU Leuven om het gevraagde startbudget met eigen middelen



De HIE-ISOLDE-versneller (2016).

van het Bijzonder Onderzoeksfonds toe te kennen.¹⁶ Met de FWO-ad-hocfinanciering in 2006 en 2007 en de installatie van het Big Science-programma in 2008, waar de HIE-ISOLDE-aanvraag werd goedgekeurd, klaarde de situatie volledig op.

Verschillende horden moesten genomen worden om van HIE-ISOLDE een erkend CERN-project te maken. Eind 2009 was het zo ver, het project werd door de Research Board goedgekeurd. De periodiek terugkerende Big Science-financiering uit Vlaanderen kan beschouwd worden als het belangrijkste startkapitaal (*seed money*) voor het HIE-ISOLDE-project.

Het eerste experiment met verhoogde energie op HIE-ISOLDE vond plaats in september 2016 en daarmee werd de eerste fase van de energie-upgrade afgerond. In augustus 2018 was ook de tweede fase afgerond en kon HIE-ISOLDE radioactieve kernen versnellen tot 10 MeV per nucleon.

Dat ISOLDE, REX-ISOLDE en HIE-ISOLDE de moeilijke periode op CERN met de bouw van de LHC met succes had doorstaan, was zeker voor een groot deel te danken aan de Leuvense kernfysici, gesteund door de universiteit en door het FWO met het Big Science-programma. Het IKS oriënteerde nu haar onderzoek sterk op ISOLDE, bijna alle stafleden hadden er projecten lopen en bouwden zo mee aan de toekomst van ISOLDE, tot grote tevredenheid van het CERN-management. De door Leuven geleide experimenten op ISOLDE vormden een vaste stop bij de bezoeken aan CERN van het koningshuis, van Belgische bewindvoerders en van de rectoren van de Belgische universiteiten.

GSI, Darmstadt, Duitsland

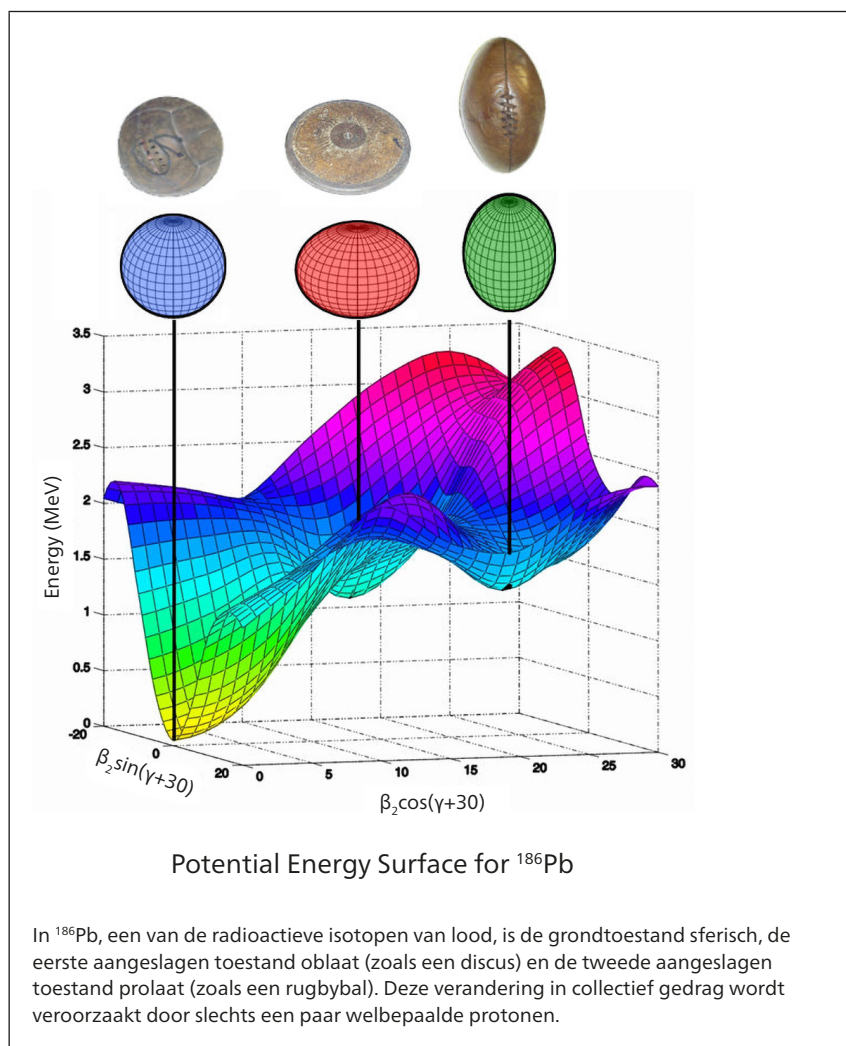
Het Duitse Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt startte in 1969 en werd opgebouwd rond de UNILAC-lineaire deeltjesversneller. In 1975 was het nieuwe laboratorium klaar voor gebruik. Het was meteen een van de krachtigste instellingen voor onderzoek met versnelde zware ionen en dus complementair aan CERN, waar voornamelijk elektron- of protonbundels worden gebruikt. Twee complementaire opstellingen waren bedoeld om kernen ver van de stabiliteitslijn te bestuderen: een online isotopenseparator (GSI-Massseparator) voor scheiding van de geproduceerde isotopen naar massa en SHIP (Separator for Heavy Ion Products), een snelheidsfilter waar de geproduceerde isotopen in vlucht gescheiden werden van de primaire ionenbundel. Al in 1980 waren er contacten met Ernst Roeckl (1937) en Reinhard Kirchner, respectievelijk de wetenschappelijke en de technische verantwoordelijke van de GSI-Massseparator. Kirchner hielp Jan Verplancke de FEBIAD-ionenbron op LISOL te installeren.

Maar pas in 1991 diende de Leuvense kernspectroscopiegroep voor het eerst een aanvraag tot experiment op de GSI-Massseparator in bij het wetenschappelijk comité van GSI. De bedoeling was via het alfaverval van neutronarme lood- en kwikisotopen de vormco-existentiestudies opgestart op LISOL uit te breiden naar gebieden nog verder van de stabiliteitslijn, gebieden die buiten het bereik lagen van LISOL en van ISOLDE. Het was het begin van een succesvolle samenwerking, waarbij ook een reeks kernen in de buurt van het dubbelmagisch $^{100}\text{Sn}^{17}$ werden bestudeerd. In 1990 werd het zwaar-ionensynchrotron in gebruik genomen. Met de relativistische bundels werd een nieuwe productiemethode aangeboord voor exploratie van gebieden ver van de stabiliteitslijn. Zo verschoof het onderzoek naar experimenten op FRS/ESR, een combinatie van een fragmentseparator met een koeler/opslagring. Dat had als gevolg dat in 2004 beslist werd om de GSI-Massseparator, na een kleine 30 jaar van succesvol onderzoek, te ontmantelen. Verscheidene keren vroeg het GSI-management aan het IKS stappen te ondernemen voor een officiële Belgische deelname aan het GSI-programma. Het IKS ging er niet op in, deels uit wetenschappelijke redenen maar zeker ook uit vrees dat een volwaardig engagement in ISOLDE en in GSI moeilijk te combineren was.

Toch was er nog deelname in een aantal experimenten op GSI en meer bepaald op SHIP. Deze snelheidsfilter had als wetenschappelijke focus de studie van de zwaarste elementen in de tabel van Mendelejev, maar bij dat onderzoek was Leuven aanvankelijk niet betrokken. Andrei

Andreyev had zijn doctoraatswerk gemaakt op een gelijkaardige opstelling in Dubna, Rusland en zijn onderzoek verdergezet op SHIP. Hij was dus goed bekend met de mogelijkheden van dat apparaat en stelde in zijn tweede postdocperiode in Leuven voor om de vormco-existentïemetingen uitgevoerd op LISOL, ISOLDE en de GSI-Massenseparator uit te breiden naar SHIP. Door het in-vluchtmechanisme konden zeer kortlevende kernen bestudeerd worden. Het belangrijkste resultaat van deze metingen

Tekening 5: De drie laagstliggende toestanden van ^{186}Pb , een unieke kern.



was de ontdekking in 2000 van een triplet van 0^+ -toestanden in $^{186}\text{Pb}^{18}$, elk met de kern in een verschillende vorm (zie tekening 5).¹⁹ Eerder dan te exciteren door te roteren of te vibreren waren de eerste aangeslagen toestanden het gevolg van de verandering van de kernvorm van sferisch (grondtoestand) naar oblaat en dan naar prolaat. In de ganse kernkaart bestaat er geen enkele andere kern met een dergelijk gedrag. Het werd het tekstboek voorbeeld van vormcoexistentie.

GANIL, Caen, Frankrijk

GANIL (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds), een versnellerscentrum in Caen, Frankrijk startte in 1983 met het versnellen van zware ionen van koolstof tot uranium door twee serieel gekoppelde cyclotrons.

De LMR-groep van Coussement startte in 1994 een testexperiment in GANIL om na te gaan of de methode die ze ontwikkeld hadden in Louvain-la-Neuve ook bruikbaar was bij een ander type van kernreactie, waarbij met de hogere energie van de GANIL-bundels een zwaardere kern in verschillende fragmenten kon worden geschoten.²⁰ Gesteund door de positieve uitkomst, werd een bundelaanvraag ingediend bij het wetenschappelijk comité van GANIL. Neyens, gedoctoreerd in de LMR-groep en nu postdoc, leidde de campagne en het eerste succesvolle experiment werd gerapporteerd in 1996. Eind 1998 vertrok Neyens als FWO-postdoc voor 1 jaar naar GANIL en legde hiermee de basis voor een langdurige en vruchtbare samenwerking tussen Leuven en GANIL. Zo verplaatste het LMR-werkveld zich van Louvain-la-Neuve naar Caen. In 2001 werd de experimentele opstelling in Louvain-la-Neuve afgebroken.

In 1994 werd de kernspectroscopiegroep via Jurek Szerypo (1956), een Poolse postdoc, ook betrokken in experimenten op GANIL. De identificatie van het dubbelmagische ^{100}Sn was het hoogte- en eindpunt van deze samenwerking. De draad zal later weer opgenomen worden.

Synchrotronstraling-faciliteiten

Synchrotronstraling is de elektromagnetische straling die uitgestuurd wordt wanneer geladen deeltjes afgebogen worden in een magneet. Vooral bij het afbuigen van hoogenergetische deeltjes ontstaat synchrotronstraling met een energie die interessant is voor materiaalonderzoek. Daarom worden op meerdere plaatsen in de wereld speciaal ontworpen opslagringen gebouwd voor de productie van synchrotronstraling. Zo kan synchrotronstraling een zeer intense en gepolariseerde bron zijn voor de studie

van kernresonanties. Meer specifiek kan de hyperfijninteractie tussen de resonante kernen en hun omgeving opgemeten worden via nucleaire resonante verstrooiing. Conventionele mössbauer-spectroscopie gebeurt met radioactieve kernen die aan welbepaalde vereisten moeten voldoen, met als gevolg dat niet alle elementen uit de tabel van Mendelejev een geschikt isotoop hebben. Het bekendste mössbauer-isotoop is ^{57}Fe , waar de isomere toestand op 14,4 keV meestal bekomen wordt uit het verval van ^{57}Co . Het is het verval van deze geëxciteerde toestand dat voor materiaalonderzoek bestudeerd wordt. Nu kan met synchrotronstraling het omgekeerde proces gebeuren. De grondtoestand van ^{57}Fe kan met een juist ingestelde energie resonant geëxciteerd worden naar de 14,4keV-toestand, waarna ook het verval geobserveerd kan worden. Zo ontstaan nieuwe mogelijkheden voor materiaalonderzoek, klassieke mössbauer-spectroscopie overtreffend.

Coussement was zich gaandeweg meer en meer gaan focussen op de fundamentele aspecten van kernstraling, een nieuw onderzoeksgebied dat nucleaire quantumoptica werd genoemd. Zijn baanbrekende werk hierin leverde hem in 1995 de prestigieuze vijfjaarlijkse De Leeuw-Damry-Bourlart-prijs van het NFWO op. Een volgende stap in het onderzoek van Coussement richtte zich op intense synchrotronbundels.

De gepulste structuur van de synchrotronbundel legde restricties op de halveringstijd van isomere toestanden die bestudeerd konden worden. Coussement, Stefaan Cottenier (1971) en Caroline L'abbé (1974) publiceerden in 1996 een tijdsgéïntegreerde techniek om de mogelijkheden uit te breiden. Bundeltijd werd aangevraagd aan de Advanced Photon Source van het Argonne National Laboratory, VS. Coussement, Neyens, L'abbé en Jos Odeurs (1946) publiceerden in 2000 het positieve resultaat van deze testmeting. Odeurs doctoreerde in 1978 op het IKS en na een jaar postdoc vertrok hij in het kader van ontwikkelingssamenwerking naar de Université du Burundi. In 1995 keerde hij terug naar Leuven, waar hij verder werkte in het kader van universitaire ontwikkelingssamenwerking en zich ook re-integreerde aan het IKS. Hij sloot aan bij het onderzoek in de nucleaire quantumoptica en werd opgenomen in de vaste staf. Er volgden nog een reeks experimenten aan de Advanced Photon Source en aan Spring8, Hyogo, Japan. Ook werd het formalisme verder uitgewerkt. Er werden in totaal vier doctoraten, gebaseerd op deze techniek, uitgevoerd.

Coussement werd in 2000 emeritus met opdracht. Het wetenschappelijk tijdschrift *Hyperfine Interactions* wijdde in 2001, met Odeurs als



Romain Coussement ontvangt de vijfjaarlijkse De Leeuw-Damry-Bourlart-prijs van het NFWO (1995).

topical editor, een volledig volume aan zijn wetenschappelijke carrière.²¹ Zijn laatste artikel schreef hij alleen. Het verscheen in 2007 in *Hyperfine Interactions*. Hij stierf onverwacht op 9 juli 2012. In 2013 verscheen een uitgebreid 'In memoriam' in *Hyperfine Interactions*.²²

ESRF, Grenoble, Frankrijk

De European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) werd in 1988 opgericht door elf Europese landen, waaronder België. De faciliteit, gevestigd in Grenoble, Frankrijk, werd officieel ingehuldigd in 1994. Het was de krachtigste bron van synchrotronstraling in Europa.

Eind jaren negentig startte de nucleaire vastestofgroep, samen met de groep van Dento Nagy uit Budapest, experimenten met nucleaire resonante verstrooiing aan ESRF. Johan Dekoster (1966) was als postdoc de drijvende kracht achter deze samenwerking. Na zijn vertrek in 1999 namen Vantomme en Kristaan Temst (1965) dit luik over. Temst doctorerde in 1994 op de VSM-afdeling van het Departement Natuurkunde met Bruynseraede (1938) als promotor. Temst werd in 2006 benoemd op de IKS-profielvacature 'Nucleaire vastestoffysica op nanometerschaal'.

Vlaams-Nederlandse plannen ontstonden in 1995 om een bundellijn te installeren op het ESRF die opsplijtst werd in twee takken, met op elke tak twee experimentele opstellingen. De Dutch-Belgian Beamline (DUBBLE) startte in 2000. Het FWO en de Nederlandse Organisatie

voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) financierden dit samen. Het Vlaamse deel van DUBBLE werd in 2008 opgenomen in het Big Science-programma van het FWO. Er volgden verschillende doctoraten gebaseerd op metingen aan het ESRF, in vele gevallen gecombineerd met werk in eigen huis en andere onderzoekscentra.

Het NWO stopte in 2021 de Nederlandse financiering van DUBBLE, het FWO bleef DUBBLE (dat nu het acroniem is van 'Dual Belgian Beamlines') verder financieren. Temst bleef sterk betrokken bij de DUBBLE-faciliteit en werd er de copromotor van.

Institut Laue-Langevin, Grenoble, Frankrijk en Paul Scherrer Institute, Villigen, Zwitserland

Het onderzoek van de KOOL-groep naar de eigenschappen van de elektrozwakke interactie voorbij het Standaardmodel werd in 2000 uitgebreid naar wat op het eerste gezicht het eenvoudigst studieobject lijkt te zijn, namelijk het neutron. Het vrije neutron²³ vervalt, onder de werking van de zwakke interactie, met een halveringstijd van ongeveer 10 minuten uiteen in een proton, een elektron en een antineutrino. Maar het neutron verbergt nog vele geheimen. Als het neutron een elektrisch dipoolmoment zou hebben, zou dat een schending zijn van de CP-symmetrie (met C van *Charge*, lading en P van *Pariteit*) en een sterke aanduiding opleveren voor nieuwe fysische wetmatigheden buiten het Standaardmodel. Het zou tegelijk kunnen helpen om het grote verschil tussen de hoeveelheid materie en antimaterie (de baryon-asymmetrie) in het heelal beter te begrijpen.

De hoge-fluxonderzoeksreactor van het Institut Laue-Langevin (ILL) in Grenoble is een van de plaatsen in Europa waarbij grote hoeveelheden neutronen geproduceerd worden. De neutronen worden na koeling gebruikt voor materiaalonderzoek en kernfysische experimenten. Nathal Severijns en zijn groep vervoegden in 2007 een uitgebreide internationale collaboratie om de bovengrens voor het bestaan van het elektrisch dipoolmoment van het neutron alsmaar lager vast te leggen. Na een hele reeks voorbereidende metingen aan de reactor in Grenoble werd de meetopstelling in 2010 aan de reactor gekoppeld. In 2015 werd de zoektocht naar de bovengrens verdergezet aan de nieuwe hoge-intensiteitsbron van ultrakoude neutronen van het Paul Scherrer Institute (PSI) in Villigen, Zwitserland. De meetcampagne van 2015–2017 leverde de tot nu toe nauwkeurigste grensbepaling van het elektrisch dipoolmoment van het neutron. Hiermee sneuvelden al een hele reeks baryon-asymmetriemo-

dellen. Vanaf 2020 is er een volledig nieuwe meetopstelling in opbouw op het PSI, waarmee men hoopt een tien keer hogere precisie te bereiken.

Ook de vastestofgroep heeft experimenten lopen op het ILL, waar ze gepolariseerde neutronen gebruiken voor reflectiviteitsmetingen, met de bedoeling magnetische diepteprofielen in diverse (multi)lagen te bepalen.

SAMENWERKEN EN VERRUIMEN

Het IKS was oorspronkelijk alleen via een gang en een loopbrug verbonden met het hoofdgebouw van het Departement Natuurkunde. De reden hiervoor was dat bij de bouw eind jaren 60 er aangedrongen werd op een duidelijke scheiding wegens contaminatiegevaar bij een eventueel ongeluk met radioactiviteit. Dat zorgde er wel voor dat er een soort eilandgevoel heerste op het IKS, waarbij slechts weinig staffleden in contact kwamen met de collega's van het Departement Natuurkunde en er globaal weinig wisselwerking was.

Het nucleaire vastestofonderzoek richtte zich meer en meer op dunne lagen en oppervlakken. De bereiding en behandeling van het te onderzoeken materiaal werden een steeds belangrijker component en dit was ook zo voor het materiaalonderzoek dat op VSM gebeurde. Het leek aangewezen om gezamenlijk cruciale, dure apparatuur aan te kopen. Ook gebruikte het VSM karakteriseringstechnieken die complementair waren met de nucleaire technieken op het IKS. De samenwerking groeide. Langouche en Bruynseraede dienden met succes een project in bij de commissie Vastestoffysica van het NFWO voor de aankoop van een Molecular Beam Epitaxy- of kort MBE-apparaat. Hiermee werden extreem zuivere atomaire en moleculaire bundels door evaporatie in ultrahoog vacuüm laag bij laag afgezet op het substraat. In 1988 werd het nieuwe apparaat geïnstalleerd in een van de meetkamers van VSM in het hoofdgebouw.

Maar de moeilijkheden rond de NFWO-financiering zorgden ervoor dat er naar andere financieringsbronnen gezocht moest worden. De Geconcerteerde Onderzoekacties (GOA), een initiatief van Theo Lefèvre in 1970 om excellente onderzoeksteams te creëren in België, was onder impuls van de KU Leuven Onderzoeksraad ondertussen uitgegroeid tot

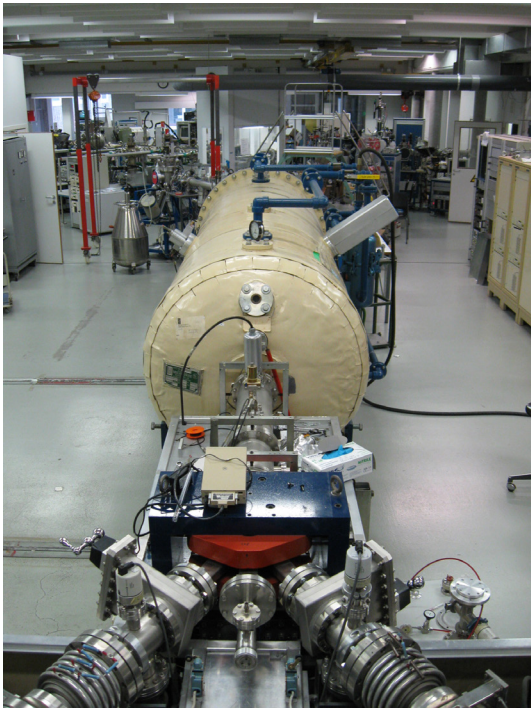
een bijzonder gegeerde vorm van topfinanciering, die tot zwaartepuntvorming moest leiden.¹ Bruynseraede betrok in 1990 Langouche bij een GOA-projectaanvraag rond de MBE-apparaten en verkreeg financiering voor 4 jaar. Hoewel de VSM-IKS-samenwerking goed verliep, werd er wel beslist om bij de volgende aanvraagronde zowel vanuit IKS als vanuit VSM een GOA-aanvraag in te dienen. Beide waren succesvol. Bij IKS lag de focus op instrumentatie voor *soft landing*² en op de bouw van een nieuw type laserionenbron.

Het Ion and Molecular Beam Laboratory

Ondertussen waren er discussies met IMEC over het gebruik van de pelletronversneller voor rutherford-terugverstrooiingsspectroscopie. Deze versneller, samen verworven door het IKS en IMEC, stond in de cleanroom van IMEC en daar begon meer en meer plaats tekort te komen. Er was duidelijk een nieuwe ruimte nodig voor IKS en VSM waar verschillende separatoren en versnellers gecombineerd konden worden met MBE-apparaten en andere experimentele opstellingen. Langouche kon de toenmalige vicerector André Oosterlynck (1946) overtuigen om een nieuwbouw tussen het IKS en het Departement Natuurkunde te financieren. In 1995 was het Ion Beam Laboratory, ook wel 'Instituut Bruynseraede Langouche' genoemd, klaar voor gebruik. Snel werd de naam veranderd in 'Ion and Molecular Beam Laboratory'. In een eerste fase werd de LIS-separator verhuisd en gekoppeld aan een nieuwe centrale magneet, die de separator, de pelletronversneller en een ultrahoogvacuüm- of kort UHV-buis onderling met elkaar verbond. De UHV-buis bediende verschillende opstellingen zoals de MBE en de nieuwe mössbauer-kamer en werd later uitgebreid met een UHV-trein. VSM koppelde ook hun apparatuur aan de UHV-trein, zodat er een geconnecteerd complex ontstond van productie- en analyseapparatuur voor oppervlakte- en dunnefilmonderzoek. Langouche werd in 1995 vicerector van de groep Wetenschap en Technologie,³ wat meer dan een fulltime job was. André Vantomme kwam eind 1993 terug uit de VS met als doel IMBL uit te bouwen en het wetenschappelijk programma errond mee te sturen. In 1996 volgde de tweede fase met de verhuis vanuit IMEC van de pelletronversneller en de RTS-opstelling. Vantomme kreeg zijn derde postdocbenoeming bij het FWO, werd ook deeltijds docent en werd opgenomen in de vaste



Met vereende krachten wordt de centrale magneet het Ion and Molecular Beam Laboratory ingeduwd (1994).



De pelletronversneller in het Ion and Molecular Beam Laboratory (1996).



André Vantomme, collega Victor Moschalkov en rector Marc Vervenne bij het bezoek van koning Albert aan het IMBL (15/02/2006).

staf van het IKS. Het IMBL werd in 2007 nog verder uitgebreid met een hogestroomimplanter, ook gekoppeld aan de centrale magneet.

In het IMBL werd de kiem gelegd voor de samensmelting in 2019 van de nucleaire vastestofgroep van het IKS met de meeste leden van VSM in de nieuw gevormde afdeling Quantum Solid-state Physics.

Ook met IMEC groeide de samenwerking met vele gezamenlijke projecten en doctoraten, waarbij Wilfried Vandervorst een grote rol speelde. Vandervorst, ingenieur van opleiding, behaalde zijn doctoraat in de toegepaste fysica aan de KU Leuven in 1983. Na een verblijf bij Bell Northern Research in Ottawa, Canada vervoegde hij IMEC in 1984. Hij werd directeur van het departement Materials Characterization. In 2007 werd het mogelijk om IMEC-medewerkers voor 10% op de KU Leuven aan te stellen. Mede dankzij de jarenlange samenwerking met het IKS was Vandervorst de geschikte kandidaat voor een dergelijke positie. Op die manier kon hij promotor zijn van doctoraatsstudenten die wetenschappelijk onderzoek verrichtten in zijn departement. Hij werd opgenomen in de staf van het IKS en bracht zo een andere kijk op onderzoek mee.

Interdisciplinair onderzoek

Het kernfysisch onderzoeksluik, zoals het tot rond 2000 eruitzag op IKS, was hoofdzakelijk monodisciplinair. Het bestond uit fundamenteel onderzoek in de kernfysica en de zoektocht naar nieuwe fysica buiten het Standaardmodel met nucleaire methodes. Toegepast onderzoek rond kernenergie gebeurde niet, in overeenstemming met wat na de oorlog was vastgelegd in de missie van het IIKW. Ook militair gericht onderzoek werd er niet verricht. De facto totaal geen toegepast onderzoek. De onderzoeksvoorstellen die binnen de universiteit, binnen België en Europa voorgesteld werden, kregen telkens uitstekende scores. Maar rond 2000 kwamen er geleidelijk meer en meer items bij in de aanvraagformulieren. Die peilden naar mogelijke toepassingen, naar de maatschappelijke relevantie van het voorgestelde onderzoek, naar interdisciplinariteit. Het was niet evident om daarop te antwoorden.

Alvorens de situatie op het IKS verder te bekijken, wordt kort beschreven hoe CERN reageerde op de veranderende kijk op onderzoek. Christopher Llewellyn Smith (1942), directeur-generaal van CERN tijdens de periode 1994–1999, gaf in juni 1997 een symposium over het nut van fundamenteel onderzoek.⁴ Als directeur-generaal werd hij gemiddeld eenmaal per week geconfronteerd met die vraag. Hij beschreef, met een zekere nostalgie, dat in de periode 1945 tot 1980 algemeen aanvaard werd dat fundamenteel onderzoek, vroeg of laat, zou leiden tot ‘rijkdom, gezondheid en nationale veiligheid’ en dat men zich niet al te veel zorgen moest maken over in welke vorm en wanneer deze voordelen zich zouden aandienen. De controle over de bestedingen in fundamenteel onderzoek kon overgelaten worden aan de wetenschappelijke gemeenschap zelf, op basis van wetenschappelijke excellentie.

Deze zienswijze⁵ kwam onder druk te staan, doordat de samenleving meer en meer een expliciet rendement eiste van de investeringen in fundamenteel onderzoek. Er ontstond een nieuw sociaal contract voor de wetenschap, implicerend dat regeringen alleen in fundamenteel onderzoek zouden investeren als kon worden aangetoond dat het onderzoek waarschijnlijk vrij directe en specifieke voordelen opleverde in de vorm van welvaartscreatie en verbetering van de levenskwaliteit.

Hoe reageerde CERN op deze visie? CERN lag aan de basis van het world wide web, het touchscreen, ontwikkelingen in de medische beeldvorming. Maar die toepassingen waren er slechts gekomen omdat

innovatieve technieken ontwikkeld moesten worden om de onderzoeksvragen te realiseren. Zelfs met deze verwezenlijkingen bleef het uiterst moeilijk om een directe link te leggen tussen bijvoorbeeld het vinden van het higgsboson en mogelijke toepassingen. CERN beseftte zeer goed dat er meer aandacht besteed moest worden aan de maatschappelijke rol die een dergelijke organisatie opnam en dat die ook bekendgemaakt moest worden bij het grote publiek. Een brochure uit 2016 omschreef de impact van CERN.⁶ Een voorbeeld hieruit rond onderwijs en wetenschapsverspreiding: jaarlijks kwamen er een 120.000 bezoekers, waaronder 70.000 scholieren, naar CERN. Dit was veel, maar de aanvragen lagen veel hoger. Daarom investeerde CERN in een nieuw centrum van wetenschapseducatie en cultuur. Deze CERN Science Gateway werd in oktober 2023 ingehuldigd en in het eerste jaar kwamen al meer dan 350.000 bezoekers.

Rond de balans tussen fundamenteel en toegepast onderzoek, tussen monodisciplinair of multidisciplinair onderzoek ontstond er een conflict tussen het Departement Natuurkunde en Sterrenkunde en de academische overheid bij het indienen van het departementale beleidsplan voor de periode 2006–2010.⁷ Daarin werd een profielvacature in de experimentele kernfysica voorgesteld die de lacune in expertise rond kernreacties moest opvullen. Met de komst van HIE-ISOLDE werd het gebruik van kernreacties met radioactieve ionenbundels een cruciale, complementaire ontwikkeling in de exploratie van de kernkaart. Hoewel het departement de beleidsruimte had voor deze vacature, werd ze toch tegengehouden door het bestuur van de Groep Wetenschap en Technologie onder voorzitterschap van vicerector Karen Maex (1959). Uit gesprekken bleek dat er vragen waren over de exclusieve focus van de IKS-kernfysicagroep op fundamenteel onderzoek en op de vrij geïsoleerde positie van de kernfysicagroep binnen de universiteit. Dat laatste paste niet binnen de nieuwe strategie van de groep om sterk in te zetten op interdisciplinariteit.⁸

Huyse als afdelingshoofd van het IKS en gesteund door departementsvoorzitter Désiré Bollé (1946) protesteerde tegen deze gang van zaken. Na vele gesprekken werd beslist om een externe visitatie van experts het kernfysisch onderzoek aan de KU Leuven te laten doorlichten. Er werd daarvoor een rapport opgesteld en verdedigd tijdens de visitatie in 2007 van het Review Committee Nuclear Physics.⁹ Het IKS stelde dat de profielvacature ‘kernreacties’ onmiddellijk uitgeschreven moest worden en dat het bereid was om in de periode 2010–2015 een profielvacature gefocust op de link tussen fundamenteel en toegepast kernfysisch onderzoek

te ondersteunen. Twee mogelijkheden werden bekeken: het MYRRHA-project¹⁰ van het SCK voor kernafvalbehandeling en energieproductie en het Belgisch Hadron Therapie Center voor kankerbehandeling.¹¹ Het Review Committee concludeerde dat de nieuwe academische positie voor ‘kernreacties’ onmiddellijk geopend moest worden, zoals voorzien in het vijfjarig onderzoeksplan. Wat mogelijke samenwerkingen en toepassingen betrof werd de KU Leuven aangeraden om met het SCK in Mol een schema uit te werken om een door het SCK betaald professorschap te creëren binnen het IKS.¹² Vicerector Maex ging niet akkoord met de conclusies van het Review Committee en stelde dat er enkel een vacature kon komen bestaande uit 50% kernreactie en 50% SCK-samenwerking. Dit was onaanvaardbaar voor het IKS, het leek onmogelijk om deze twee totaal verschillende opdrachten door één persoon te laten uitvoeren.

Uiteindelijk kwam er een compromis uit de bus waarbij de profielvacature ‘kernreacties’ er toch kwam, maar de kernfysicagroep van het IKS zich ook engageerde om een exploratieve studie rond het gebruik van de intense protonenbundels aan MYRRHA, SCK uit te voeren. Ook werd een raamakkoord SCK–KU Leuven voorbereid. Het IKS had al een formele samenwerking met MYRRHA opgestart als vierde partner in het IUAP-netwerk: ‘The Belgian Research Initiative on exotic nuclei for atomic, nuclear and astrophysics studies’ of kort BriX-netwerk. Op de BriX-workshop in april 2008 lanceerde het IKS het idee om een ISOL-faciliteit te koppelen aan de MYRRHA-versneller. Van Duppen nam het op zich om dat voorstel, ISOL@MYRRHA gedoopt, verder te ontwikkelen. Begin januari 2009 werd het raamakkoord tussen SCK en KU Leuven plechtig ondertekend.¹³ Daarin werd onder meer de mogelijkheid omschreven dat het SCK profielvacature(s) financierde met als voorbeeld een profielvacature binnen het Departement Natuurkunde, die kaderde in fundamenteel kernfysisch onderzoek op MYRRHA.

In 2009 werd Riccardo Raabe benoemd op de KU Leuven profielvacature ‘kernreacties’. Na zijn doctoraat in 2001 binnen de kernspectrosciegroep vertrok Raabe naar het Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives¹⁴ in Saclay, Frankrijk, waarbij hij een vaste plaats kreeg en GANIL, Caen als standplaats koos. Toch wilde hij terugkeren naar België.

De KU Leuven schreef in 2013 een nieuwe profielvacature uit voor een academische positie in interdisciplinair onderzoek met radio-isotopen, gericht op (maar niet beperkt tot) de mogelijkheden op ISOL@MYRRHA. Thomas Cocolios (1983) werd de geselecteerde kandidaat.



Ondertekening raamakkoord SCK.CEN-KU Leuven met onder anderen Eric Vanwalle, directeur-generaal van het SCK.CEN en Marc Vervenne en Karen Maex, respectievelijk rector en vicerector van de KU Leuven (2009).

Na zijn doctoraat in de kernspectroscopiegroep van het IKS vertrok hij naar CERN als Senior Research Fellow, waarna hij een Ernest Rutherford Fellow werd op de University of Manchester. Bij zijn terugkeer naar Leuven werd hij betrokken bij de MEDICIS-faciliteit, gekoppeld aan ISOLDE. MEDICIS startte in 2010 als een samenwerking tussen CERN, het Centre Hospitalier Universitaire Vaudois de Lausanne, de Hôpitaux Universitaires de Genève, het Swiss Institute for Experimental Cancer Research in Lausanne en het IKS. De bedoeling was niet-conventionele radio-isotopen te oogsten voor medische toepassingen, zowel in diagnose als in therapie. Deze faciliteit is ondertussen uitgegroeid tot een samenwerking tussen veertien instituten.

Twaalf jaar na de ondertekening van het SCK-KU Leuven-raamakkoord werd binnen de Selectieve Kaderuitbreiding van de KU Leuven een profielvacature ‘Laser and Trap-based experimental techniques using radioactive probes’ gecreëerd met financiering door het SCK. Ági Koszorús (1991) was de geselecteerde kandidaat. Na haar doctoraat in de groep van Gerda Neyens werd ze postdoc aan de universiteit van Liverpool en in 2021 Senior Research Fellow op CERN. Haar onderzoek wordt deels uitgevoerd op het IKS, waar een experimentele opstelling



De 'Coup de pioche' op 4 september 2013 van CERN-MEDICIS. V.l.n.r.: R. Meuli, chef du Département de Radiologie Médicale, CHUV; D. Hanahan, director, Swiss Institute for Experimental Cancer Research; R. Heuer, directeur général, CERN; Y. Grandjean, secrétaire général, HUG; P. Van Duppen, IKS, KU Leuven.

wordt opgebouwd en getest om later opgesteld te worden aan de ISOL@MYRRHA-faciliteit op het SCK.

De hele problematiek had dus tot een koerswijziging geleid in de onderzoeksstrategie van het IKS. Het gebruik van radioactieve ionenbundels voor fundamenteel onderzoek werd versterkt en ook uitgebreid naar het SCK. Tevens werd toegepast onderzoek opgestart naar de aanmaak en het gebruik van radio-isotopen voor medische doeleinden. Dit resulteerde al in uitgebreide contacten en samenwerkingen met verschillende ziekenhuizen in binnen- en buitenland.

ONDERWIJS EN DIENSTVERLENING

Het IKS is een universitair onderzoeksinstituut, functionerend binnen de universiteit en de maatschappij. Onderzoek, onderwijs en dienstverlening zijn de drie basisopdrachten. Dit gedeelte gaat na hoe het IKS die drie opdrachten vervulde en nog vervult. Paul Mariens, de stichter van het IKS, is een mooi voorbeeld van het opnemen van onderwijs en dienstverlening. Hij was een begenadigd lesgever aan meer dan 40.000 studenten, hij zetelde in vele commissies en werd tweemaal decaan van de faculteit Wetenschappen. Verder reisde hij het land rond met vele voordrachten over de recentste ontwikkelingen in de natuurkunde.

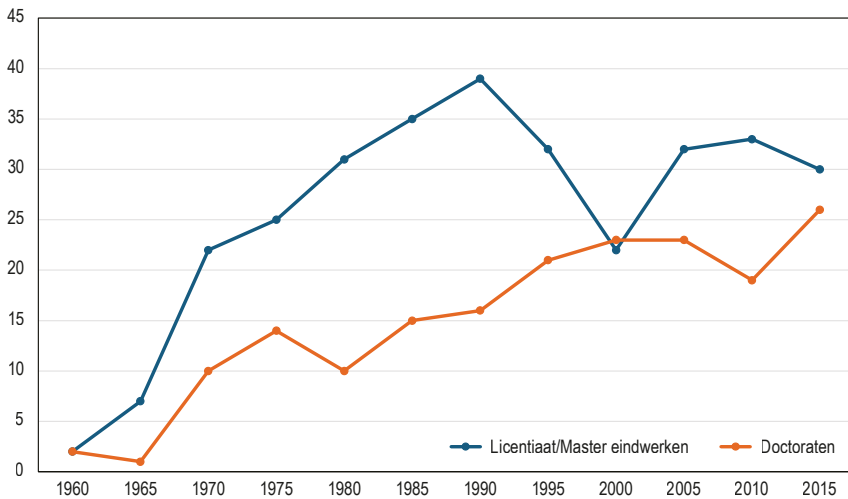
Onderwijs

De onderzoekers van het IKS worden volledig ingeschakeld bij het regulier onderwijs van het Departement Natuurkunde en Sterrenkunde; de doctoraatsstudenten en postdocs voornamelijk in oefensessies, practica en soms ook in de begeleiding van de masterstudenten bij hun eindwerk. De vaste staffleden verzorgen hoorcolleges in zowel het bachelor- als masterprogramma en begeleiden de masterstudenten bij hun eindwerk. In de periode 1960–2019 waren er dat 310 (zie grafiek 4).

Naast deze algemene taken was het IKS betrokken bij het inrichten van een aantal specialisaties in de master-na-master- en postgraduaatopleiding die specifiek over medische stralingsfysica gingen.

Van Duppen had in 2006 als programmadirecteur van de Permanente Onderwijscommissie Medische Stralingsfysica het oude Gediplomeerde in de Aanvullende Studiën: Medische Stralingsfysica omgevormd tot een

master-na-master- en een postgraduaatopleiding. Severijns nam in 2011 het directeurschap over en werkte samen met Eduardo Cortina Gil van de UCLouvain een Engelstalige, initiële, tweejarige, *joint* (studenten krijgen een diploma van beide instellingen) Master of Medical Physics uit (met instroom vanaf de bachelor). Deze startte in 2022. Het was de eerste gemeenschappelijke masteropleiding van KU Leuven en UCLouvain. Er waren wel al een aantal gemeenschappelijke bacheloropleidingen. Vanaf het academiejaar (2024-2025) waren er geen nieuwe inschrijvingen in de master na master in de medische stralingsfysica meer mogelijk en doofde die opleiding uit. Het Postgraduaat in de Medische Stralingsfysica werd in 2023 omgevormd tot de nieuwe Engelstalige opleiding Postgraduate Certificate: Medical Physics¹. Gemiddeld haalden voor de hervorming ongeveer negen studenten per jaar het master-na-masterdiploma en vier het postgraduaatgetuigschrift. Cocolios nam in 2024 de functie van programmadirecteur van de Permanente Onderwijscommissie Medical Physics van Severijns over.



Grafiek 4: Het aantal eindwerken (licentiaten en masters; in blauw) en doctoraten (rood) per vijf jaar.

Het IKS draait op zijn doctorandi. Het eerste doctoraat werd uitgevoerd in 1962, in 2003 werd het honderdste doctoraat gevierd en nu zijn er al meer dan tweehonderd (zie grafiek 4 en Annex 2). In 2016, vijftig jaar na de eerste naamvermelding 'Instituut voor Kern- en Stralingsfysica',



De vaste staf op conclaaf: v.l.n.r. Nathal Severijns, Wilfried Vandervorst, Martine Bleyen, Piet Van Duppen, Mark Huyse, Gerda Neyens, Kristiaan Temst en André Vantomme (2009).

werden alle IKS-doctoraatshouders uitgenodigd voor een viering. Bij deze gelegenheid werden zij bevraagd over hun ervaringen tijdens de periode op het IKS en over hun verdere beroepsloopbaan. Daaruit bleek dat 38% naar de privésector was getrokken en 62% naar onderwijs- en onderzoeksinstellingen, waarvan 11% naar IMEC. Zoals al aangegeven, is het IKS nu het enige universitaire laboratorium in België voor experimenteel onderzoek in de kernfysica. De doctorandi komen in aanraking met en gebruiken de meest geavanceerde technieken. Hun opleiding gebeurt zowel in het thuislabo als in een internationale omgeving. Het worden experts in verschillende nucleaire technieken. Deze expertise is cruciaal voor domeinen in onze maatschappij, zoals energie, medische beeldvorming en therapie. IKS-doctoraatshouders zijn terug te vinden op het SCK, zoals Eric van Walle (1957), de vorige directeur-generaal; in de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO); in EnergyVille;² in het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), zoals Frank Hardeman (1961) de huidige directeur-generaal; aan binnen- en buitenlandse universiteiten.



Groepsfoto van de eerste Euroschool on Exotic Beams (1993).

In de beginnendagen van het IKS waren er maar weinig buitenlandse doctoraatsstudenten. De kentering kwam er vanaf 2000 en de laatste vijf jaar waren er meer buitenlandse doctoraatsstudenten dan Belgen (21 versus 11).

Het IKS draait ook op zijn postdocs. Die waren in de beginjaren van het IKS voornamelijk eigen doctorandi. Geleidelijk aan steeg de interesse bij buitenlandse doctoraatshouders om in Leuven een postdoc op te starten. Nu vormen zij de meerderheid. In de bevraging van 2016 werden ook alle postdocs aangeschreven. Uit hun reacties bleek een grote tevredenheid over hun verblijf op het IKS. Voor velen was dat de ideale springplank naar een vaste onderzoeksplaats in hun land of elders.

Zoals al vermeld vond in 1993 de eerste Euroschool on Exotic Beams plaats voor gevorderde doctorandi en postdocs. De school werd georganiseerd door het IKS met steun van het 'Human Capital and Mobility'-programma van de Europese Unie. Het was een samenwerking tussen vier Europese onderzoeksinstituten: Leuven-Louvain-la-Neuve met het RIB-project, ISOLDE, GANIL en GSI. Het werd een succes en een jaarlijkse traditie. Na zeven keer in Leuven reisde de school heel Europa door, maar het secretariaat bleef in Leuven. De 25ste editie vond opnieuw plaats in Leuven. Na de initiële steun van de Europese Unie werd de school financieel gedragen door verscheidene financieringsinstanties

en grote onderzoeksinstituten in Europa. Ook werden er vijf volumes van *The Euroschool Lectures on Physics with Exotic Beams* uitgegeven.³ Verschillende IKS-staffleden hebben lesgegeven en meegeschreven aan de volumes. Tevens was er ook aandacht binnen de school voor wetenschapscommunicatie. Studenten kregen de vraag een perstekst te schrijven over hun onderzoek. Die werd dan beoordeeld en voorzien van suggesties door onder anderen Jim Al-Khalili (1962), een theoretisch kernfysicus en wetenschapspopularisator. Men kan zeggen dat de meeste onderzoekers die nu leidinggevende posities opnemen in de Europese kernfysica-instituten ooit deelnamen aan de Euroschool.

Dienstverlening

Startend bij de universiteit zelf was er het opnemen van mandaten op verschillende beleidsniveaus. Zo leverde het IKS met Rots, Temst en Van Duppen drie departementsvoorzitters, met Mariens een decaan en met Langouche een groepsvoorzitter. Daarnaast was er binnen de universiteit de deelname aan verschillende raden, zoals de Onderzoeksraad, de Industrieel Onderzoeksfondsraad, de Associatieraad Onderzoek, de Raad voor Onderzoeksbeleid en de Duurzaamheidsraad.

Belangrijk voor het IKS waren de wetenschappelijke commissies van het IIKW en het NFWO. Deze bestonden in het begin enkel uit Belgische onderzoekers. Gaandeweg kwamen er buitenlandse experts bij. Tegenwoordig bestaat de FWO-commissie W&T2 Fysica, waar projecten van het IKS behandeld worden, volledig uit buitenlandse experts. Mariens werd in 1968, na het overlijden van Van Itterbeek, lid van de commissie Fysica. In hetzelfde jaar kondigde De Hemptinne zijn ontslag aan als Leuvense vertegenwoordiger in de wetenschappelijke commissie van het IIKW. Rector De Somer stelde aan Max Freson, secretaris-generaal van het IIKW, voor om Van Gerven als vervanger te nemen, daar Mariens al in de Fysica-commissie zat.⁴ Freson ging daar niet op in en nam zowel Mariens als Coussement (als plaatsvervanger) op in de commissie. De wetenschappelijke commissie werd in 1970 opgesplitst in Lage Energie, Hoge Energie en Nucleaire scheikunde. Coussement bleef lid van de commissie Lage Energie tot in 1991. José Traest (1940), secretaris-generaal van het NFWO, was niet tevreden met de acties die het IKS opzette rond de budgettaire problemen van het NFWO eind

1991 en besloot dat Coussement vervangen moest worden in het IIKW. Het werd Van Duppen, het jongste staflid van het IKS. Hij maakte in 1996 de overgang mee van de IIKW-commissies Lage Energie en Hoge Energie naar de FWO-commissie E5 Subatomaire Fysica. Ondertussen werd het aantal jaren beperkt dat een commissielid kon aanblijven. Huyse volgde in 2001 Van Duppen op tot aan het opheffen van de commissie Subatomaire Fysica in 2010. Neyens was vanaf 2010 tot 2016 lid van de nieuwe commissie W&T2 Fysica, waar sindsdien ook de aanvragen van kern- en deeltjesfysica werden behandeld. In de commissie Vastestofffysica van het NFWO zaten achtereenvolgens Langouche en Vantomme.

Verder zetelden op Belgisch vlak nog IKS-stafliden in onder andere de wetenschappelijke commissie van het FNRS, de Federale Raad voor Wetenschapsbeleid, de Wetenschappelijke Raad van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, het Programma-adviescomité van de cyclotrons in Louvain-la-Neuve, het Wetenschappelijk Adviescomité van het SCK en de raad van bestuur van het Brout Engler Lemaître Center.

Dienstverlening in een internationale context begon pas sterk toe te nemen nadat IKS-onderzoekers experimenten in het buitenland begonnen uit te voeren. Zo zetelden Huyse en Neyens respectievelijk van 1998 tot 2006 en van 2018 tot 2022 als Belgische vertegenwoordiger in het NuPECC-comité. Verscheidene IKS-stafliden waren betrokken bij de samenstelling van de *Long Range Plans*.

De belangrijkste en interessantste vorm van dienstverlening in het buitenland is het zetelen in evaluatiecomités van experimentaanvragen bij grote internationale versnellerscentra. IKS-onderzoekers waren betrokken bij ongeveer alle grote versnellerscentra voor kernfysica in Europa, Noord-Amerika en Japan. Die kunnen hier niet allemaal besproken worden, enkel CERN wordt verder toegelicht.

CERN heeft drie comités die voorstellen voor experimenten bespreken: het LHC Experiments Committee (LHCC) voor experimenten op LHC, het SPS and PS Experiments Committee (SPSC) voor experimenten op de SPS- en PS-versnellers en het al besproken INTC voor experimenten op ISOLDE en op de Neutron Time-of-Flight-faciliteit. INTC is voor het IKS het belangrijkste. Van Duppen en Neyens zaten als ISOLDE Physics Group Leader ex officio in het INTC. Huyse was van 2003 tot 2009 lid van het INTC. De laatste drie jaar fungeerde hij ook als voorzitter. In die hoedanigheid moest hij de voorstellen voor experimenten van het INTC verdedigen op de Research Board, waar de uiteindelijke

beslissingen over de experimenten werden genomen. Ook zat hij ex officio in het Science Policy Committee (SPC). Het SPC is het hoogste wetenschappelijk adviesorgaan van CERN. Het bestaat, naast de ex-officioleden die niet stemgerechtigd zijn, uit zestien verkozen leden. Huyse zetelde later, als verkozen, van 2014 tot en met 2019 in het SPC. Severijns en Neyens zetelden respectievelijk van 2011 tot en met 2013 en van 2017 tot en met 2018 in het SPSC.

Ook bij diverse wetenschappelijke instellingen en financieringsorganisaties in Europa en Noord-Amerika waren verscheidene stafleden van het IKS betrokken. Dit ging dan over de European Physical Society – Nuclear Physics Board, de International Union of Pure and Applied Physics, de European Research Council, het Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules van het Centre National de la Recherche Scientifique in Frankrijk, het Departement of Energy van de Verenigde Staten en andere.

Een verdere ondersteunende en ook leidende rol binnen de eigen wetenschappelijke omgeving had te maken met het organiseren van internationale workshops en conferenties. IKS-leden zetelden in de adviescomités van de belangrijkste internationale conferentiereeksen in hun vakdomein en organiseerden ze ook zelf in Leuven.⁵

Wetenschapseducatie en -communicatie

Meer dan 40.000 bezoekers kwamen tussen 7 november en 6 december 1987 naar Leuven voor de tentoonstelling *Van appel tot atoom: Natuurkunde na Newton*.⁶ Aanleiding was het verschijnen, 300 jaar geleden, van de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, het belangrijkste werk van Isaac Newton. Het Departement Natuurkunde had anderhalf jaar gewerkt aan de tentoonstelling met vele demonstraties in de domeinen van mechanica, optica en de moderne fysica. Iedereen werkte mee, zowel aan de voorbereiding als tijdens de tentoonstelling zelf als gids of demonstrateur. Het IKS was er met een mössbauer-opstelling, een gammadetectoropstelling en een poster rond radioactiviteit in het milieu. Het was voor velen een eyeopener: het publiek was enthousiast en het gaf veel voldoening om als onderzoeker fysica uit te leggen aan het grote publiek.

Het IKS was van het begin in 1994 betrokken bij de Vlaamse Wetenschapsweek in het kader van de DIRV-actie⁷ van de Vlaamse

executieve, waarbij leerlingen uit het laatste en voorlaatste jaar van het middelbaar op bezoek kwamen in de laboratoria.⁸ Een viertal hands-on opstellingen werden uitgewerkt: ‘De detectie van radioactieve straling’, ‘ $E = mc^2$, de annihilatie van een positron- en elektronpaar’, ‘Kosmische straling’ en ‘Natuurlijke radioactiviteit’. Onmiddellijk zaten alle workshops vol. Het was een succes en een blijver. Een deel van de opstellingen kon later ook uitgeleend worden aan middelbare scholen. In 2013 kristalliseerde zich dat in het STUUR-project onder leiding van Mieke De Cock (1973), verantwoordelijke van de Lerarenopleiding Wetenschappen en Techniek aan de KU Leuven. In het STUUR-kernfysicalab in Heverlee kunnen leerlingen zelf proeven uitvoeren rond ioniserende straling. De proeven sluiten aan bij de leerplannen fysica.

Albert Einstein publiceerde in 1905 vier artikels die de wereld op zijn kop zetten. Daarom werd, honderd jaar later, het jaar 2005 wereldwijd uitgeroepen tot het jaar van de fysica. In dat kader organiseerden Van Duppen samen met Annemie Vandermotten van de Leuvense dienst Toerisme ‘Aha! Fysica. WetenStappen in Leuven’, een wetenschapswandeling door Leuven van paneel tot paneel. Dit initiatief werd verdergezet rond andere takken van de wetenschap en in 2008 hielpen Van Duppen en Huyse bij de officiële opening van de derde editie met als onderwerp ‘Aha! Planeet Aarde’ door te meten hoeveel kosmische straling (muonen) rector Marc Vervenne en burgemeester Louis Tobback tegenhielden.

De kernrampen in Tsjernobyl (1986) en Fukushima (2011) lokten vele reacties en vragen op bij het grote publiek. De nood aan onafhankelijke stemmen uit de wetenschappen was groot. Severijns werd zo voor het IKS het aanspreekpunt. In 2012 verzorgde hij een les over kernenergie in het universiteitsbrede programma van de *Lessen voor de XXIste Eeuw*. Kranten, radio, televisie vroegen hem voor interviews, standpunten en debatten. Het ging niet alleen over de gevaren en problemen van kernenergie, zoals veiligheid, proliferatie en kernafval, maar ook over de voordelen van CO₂-vrije energieproductie. Uit deze beschouwingen ontstond ook het initiatief rond duurzaamheid. Severijns en collega Griet Ceulemans werkten in 2023–2024 met steun van het Voorsprongfonds⁹ een ‘burgercursus’ duurzaamheid uit.

Samen met de onthulling van de EPS Historic Site-gedenkplaat aan het Heilige Geestcollege in Leuven, de plaats waar Georges Lemaître in 1931 zijn oerknaltheorie ontwikkelde, werd op 23 mei 2019 ook de Big Bang Route ingeregen door de rectoren van de KU Leuven en de UCLouvain.



Burgemeester Louis Tobback op de muonendetector. Rector Marc Vervenne kijkt toe. Piet Van Duppen noteert de resultaten (2008).

Huyse en collega Jan Govaerts (1957) van de UCLouvain hadden, in samenwerking met de wetenschapsfaculteiten van de twee universiteiten, de toeristische diensten van de twee steden en van de twee provincies, een thematisch fietspad gecreëerd rond de figuur van Lemaître. Hierbij werden in etappes tussen de standbeelden van Lemaître in Leuven en Louvain-la-Neuve de oerknal en de verschillende stappen in de evolutie van het heelal en de aarde uitgelegd. In etappe 4 'Jawel, wij zijn sterrenstof' werd de link gelegd met de metingen in Louvain-la-Neuve van astrofysische kernreacties. Het werd een succes, duizenden fietsten de route of bezochten de website.¹⁰ De initiatiefnemers werden uitgeroepen tot laureaten van de Prix Wernaers pour la Vulgarisation Scientifique, een fonds opgericht bin-

nen het FNRS, en van de Jaarprijs Wetenschapscommunicatie uitgereikt door de Koninklijke Vlaamse Academie van België samen met de Jonge Academie.

Het IKS kwam regelmatig aan bod in de tijdschriften van de universiteit zoals *Academische Tijdingen*, *Campuskrant* en *Science@Leuven*, in populariserende tijdschriften, zoals *Natuur en Techniek* en *EOS* en in *CERN Courier*, het magazine van CERN. Ook de schrijvende pers en de media pikten af en toe iets op. Bij belangrijke publicaties in wetenschappelijke toptijdschriften, zoals *Physical Review Letters* en *Nature*, werd de persdienst van de KU Leuven aangesproken om een perstekst uit te sturen. De grootste reactie hierop was er bij de persconferenties in 1989 en 1991 rond de radioactieve ionenbundels in Louvain-la-Neuve en de meting van de $^{13}\text{N}(p,\gamma)^{14}\text{O}$ -stellaire reactie. Maar doorbraken in de kernfysica bij het grote publiek brengen bleef moeilijk, zelfs als de experimenten gebeurden op het toch populaire CERN. De grote respons in 1991 had waarschijnlijk veel te maken met het feit dat het over sterren ging. De videoles van Van Duppen op de Universiteit van Vlaanderen had ook veel succes, de titel 'Hoe maak je goud?' zal meegespeeld hebben. Recent is het nog eens duidelijk geworden hoe moeilijk het is om het door Leuven geleide onderzoek in de pers te krijgen. Een essentiële stap werd in 2023 gezet met een reeks metingen op ISOLDE naar de mogelijkheid om in plaats van atomaire precisieklokken een klok te bouwen op basis van een nucleaire overgang.¹¹ In vele buitenlandse kranten en op vele populairwetenschappelijke websites verscheen het nieuws, in Vlaanderen bijna niets.

DE RECENTSTE ONTWIKKELINGEN EN EEN BLIK IN DE TOEKOMST

Sinds de eerste experimenten in 1982 van Roger Silverans om met laserlicht radioactieve isotopen te ioniseren, is het gebruik van lasers steeds belangrijker geworden in het IKS-onderzoek. Zeker in de laatste vijftien jaar hebben er zich belangrijke ontwikkelingen voltrokken om de efficiëntie, sensitiviteit, selectiviteit en de resolutie te verhogen.

LISOL's laatste experiment leidt tot een doorbraak

Binnen de Europese Gemeenschap werd in 2007 de European Research Council (ERC) opgericht ter bevordering van het wetenschappelijk onderzoek met onder andere financiering van excellente wetenschappers. Piet Van Duppen was de eerste van het IKS en bij de eersten van de KU Leuven die een dergelijke financiering bekwam, meer bepaald in 2011 met de ERC Advanced Grant 'Heavy Element Laser Ionization Spectroscopy' (HELIOS). Er kwamen er meer. Raabe verkreeg in 2014 een ERC Consolidator Grant voor het 'SpecMAT; Spectroscopy of exotic nuclei in a Magnetic Active Target'-project, de ontwikkeling en bouw van een nieuw type detector voor kernreactie studies op HIE-ISOLDE. En in 2022 kreeg Cocolios in 2022 een ERC Consolidator Grant voor het 'NSHAPE; Nuclear Shapes of Heavy Atoms and Proton-Emitting nuclei'-project, gebaseerd op laserstudies op ISOLDE en GANIL.

Het HELIOS-project beoogde, met behulp van de in Leuven ontwikkelde IGLIS-techniek, de laserionisatiespectroscopie van de zwaarste elementen in de tabel van Mendelejev aan te vatten. Het einde van de

tabel van Mendelejev, een fundamentele vraag, is nog niet bekend. Het zwaarste element is oganesson, het 118de element. Maar dat is niet het einde, het is het laatste element dat tot nu toe geïdentificeerd werd. Er zijn diverse theoretische extrapolaties vanuit de lichtere elementen en isotopen, maar die verschillen onderling nog sterk. Identificatie is belangrijk, maar er is nood aan een diepere kennis van de allerswaarste kernen.

Dit was een nieuw gebied van de kernkaart voor de kernspectroscopiegroep. Scheikundig start dit gebied met de actiniden, overgaand langs de transitimetalen naar de andere metalen. Het lichtste element van dit gebied is actinium.¹ Alle isotopen van actinium zijn radioactief, gelukkig heeft ²²⁷Ac een halfwaardetijd van 22 jaar, zodat er al in de literatuur laserspectroscopische experimenten terug te vinden zijn. Een ander voordeel van actinium ligt in het feit dat een aantal isotopen relatief gemakkelijk geproduceerd konden worden op LISOL. Het werd de toegang tot dit interessante gebied.

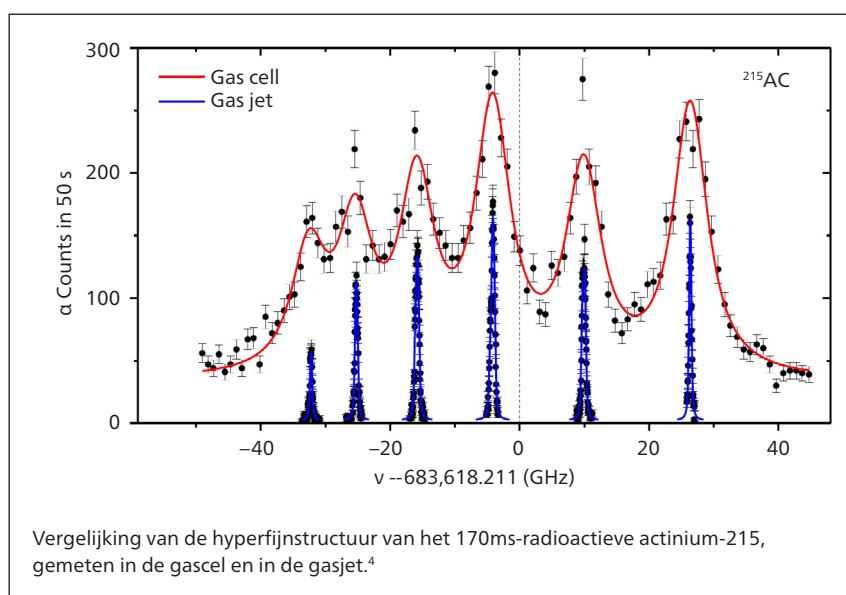
Om dit gebied van de kernkaart succesvol te exploreren, moesten er verschillende hordes genomen worden. Vooreerst zijn de wegen om kernen in dit gebied aan te maken beperkt en is de opbrengst zeer klein. De IGLIS-techniek moest dus efficiënter én selectiever worden. Daarnaast moest ook de spectrale resolutie verhoogd worden, zodat er meer kerneigenschappen konden worden bepaald. Daarom werd beslist om op het IKS zelf een laserlaboratorium op te bouwen (het IGLIS-lab) samen met een off-line separator voor gas-jetstudies (het Jet-lab).² Yuri Kudryavtsev, dr. Rafael Ferrer (1975), instrumentspecialist van het IKS, en Paul Van den Bergh (1966), industrieel ingenieur, werden hiervoor verantwoordelijk.

Door de hoge dichtheid en de hoge temperatuur in de gascel was de spectrale resolutie beperkt, zodat binnen de gascel niet alle observabelen accuraat opgemeten konden worden. Door de laserionisatie te verplaatsen van binnen in de gascel naar de supersonische jet na de uitlaat van de gascel werd off-line op een stabiel koperisotoop zonder verlies van efficiëntie de spectrale resolutie met een grootteorde verbeterd. Na vele optimalisaties was de IGLIS-techniek voldoende verbeterd om opnieuw on-line experimenten te plannen. Er werd voor gekozen om dit te demonstreren op een kortlevend radioactief isotoop van actinium, een isotoop dat op LISOL in voldoende mate geproduceerd werd.

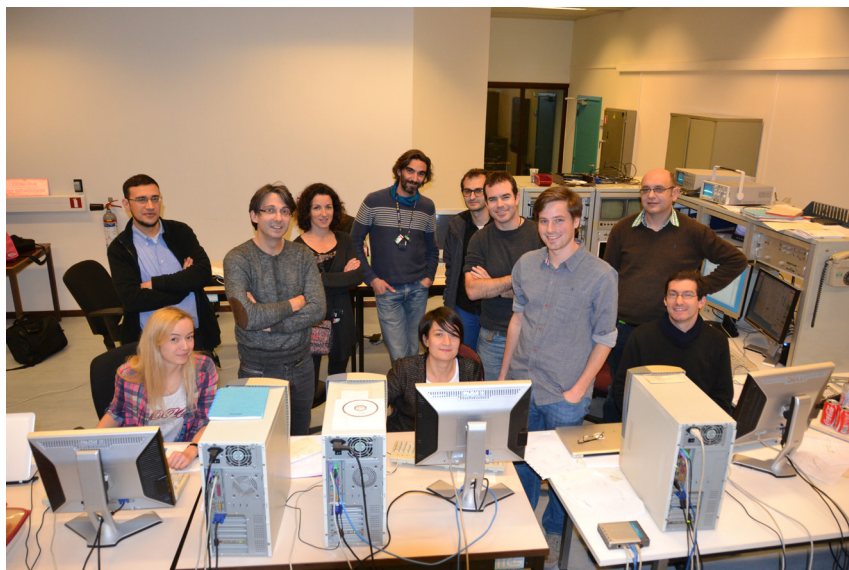
Veertig jaar na de start van LISOL in 1974 werd het laatste experiment gepland. Het volledige besturingssysteem van LISOL was onbetrouwbaar geworden, een grondige renovatie was nodig. Enkel de kernspectroscopie-

groep gebruikte LISOL nog. Maar het zwaartepunt van de groep was wel verschoven naar experimenten aan buitenlandse versnellers, waar meer mogelijkheden lagen. Daarom de keuze om LISOL te ontmantelen, maar met een laatste experiment te eindigen in schoonheid. Het werd een knaller. Er was veel belangstelling bij buitenlandse collega's om deel te nemen. Onder een partytent binnen de cyclotronhall werden de bijeengebrachte lasers opgesteld. Eind december 2014 werd het grote verschil tussen laser metingen in de gascel en in de gasjet gedemonstreerd (zie tekening 6). Dit opende niet enkel perspectieven voor verder onderzoek in het gebied van de zwaarste elementen, maar ook voor laserspectroscopische studies op kernen die maar in beperkte mate of helemaal niet met conventionele ionenbronnen aangemaakt konden worden.³

Tekening 6: Vergelijking gascel-gasjet



Al waren deze resultaten indrukwekkend, toch werd beslist om LISOL niet verder te gebruiken. De geoptimaliseerde IGLIS-techniek kreeg in Europa een vervolg aan de versnellers van GSI, Darmstadt, Duitsland en GANIL, Caen, Frankrijk. Op GSI werd de gasjetspectroscopie-set-up gekoppeld aan de in-vluchtseparator SHIP met de bedoeling laserspectroscopische metingen te verrichten op nog zwaardere elementen van de



Een deel van de onderzoekers bij het laatste experiment op LISOL (december 2014). V.l.n.r. Mustapha Laatiaoui, Alexandra Zadvornaya, Rafael Ferrer, Nathalie Lecesne, Jean-Charles Thomas, Beyhan Bastin, Emile Traykov, Iain Moore, Simon Sels, Paul Van den Bergh en Sebastian Raeder.



Thomas Cocolios op MEDICIS (2019).

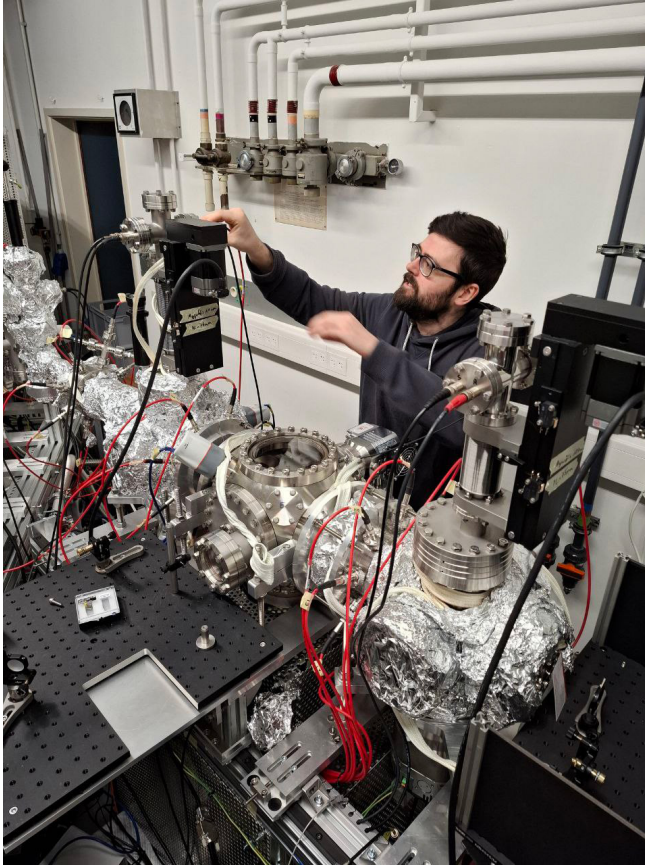
tabel van Mendelejev. Op GANIL is de bouw begonnen van een volledig nieuw versnellerscomplex, waarbij de Super Separator Spectrometer gekoppeld wordt aan de SPIRAL2-zware-ionenversneller. Een IGLIS-type gascel voor onder andere laserspectroscopische metingen in de buurt van het dubbelmagische ^{100}Sn , nu volledig off-line getest, zal geplaatst worden op het einde van de Super Separator Spectrometer. In beide projecten is het IKS sterk betrokken.

LISOL, veertig jaar de plaats voor Leuvens kernfysisch onderzoek waar vele nieuwe technieken werden ontwikkeld, leeft toch nog beperkt verder. De magneet vormt nu het hart van het MEDICIS-project, een unieke infrastructuur aan ISOLDE, CERN om nieuwe radio-isotopen te ontwikkelen voor diagnose en therapie van kankers.

Lasers en ionenvallen

Lasers hebben gaandeweg meer en meer aan belang gewonnen in het kernfysisch onderzoek. Begonnen rond 1980 met één laserlabo op het IKS, is dit aantal in 2025 gegroeid tot vier, met meer dan veertien lasers in gebruik. Alle onderzoek is bedoeld om nieuwe technieken te ontwikkelen voor experimenten zowel binnens- als buitenshuis. Net zoals bij het laatste experiment op LISOL wordt ernaar gezocht om de toepasbaarheid, de efficiëntie, de selectiviteit en de resolutie te verbeteren.

Op ISOLDE werd de Resonance Ionization Laser Ion Source- of kort RILIS-ionenbron sinds de ontwikkelingen in 1993–1994 de belangrijkste ionenbron op ISOLDE. Naast de primaire taak, namelijk de productie van de gewenste isotopenbundel aan de eindgebruiker, werd er ook een sterk onderzoeksprogramma opgezet om, weliswaar met beperkte resolutie, kerneigenschappen zoals magnetische momenten en ladingsstralen op te meten. Maar de vraag naar hogere resolutie bleef en zo werden er recent pogingen ondernomen om de resolutie drastisch te vergroten. Zoals bij IGLIS werd de plaats verschoven waar de laser ionisatie plaatsvond: hier van de heet gestookte caviteit naar een ionenval (*ion trap* in het Engels) juist buiten de ionenbron. Waar de twee lasers elkaar loodrecht kruisen, gebeurt de ionisatie, vandaar de naam van deze methode: ‘Perpendicularly Illuminated Laser Ion Source and Trap’. Cocolios is sterk betrokken bij deze ontwikkeling als onderdeel van zijn ERC-project.



Ruben De Grootte aan de ionenval opstelling op het IKS (2025).

De CRIS-opstelling op ISOLDE, voorgesteld in 2008, is een groot succes geworden met verscheidene doctoraten als gevolg. Ruben de Grootte (1990) en Koszorus hebben beiden de metingen voor hun doctoraat op CRIS uitgevoerd. De Grootte vertrok na zijn doctoraat in 2017 naar de University of Jyväskylä, eerst als postdoc, later als Marie Skłodowska-Curie Individual Fellow. In oktober 2021 kwam hij met een FWO Odysseus-mandaat⁵ als Tenure Track-docent terug naar Leuven. De Grootte bouwt momenteel het ACORN uit, kort voor Alkali-earth ions Confined for Optical and Radiofrequency spectroscopy for Nuclear Moments, een laboratorium waar lasers zullen interageren met ionen gevangen in een ionenval. Het ultieme doel van dit Odysseus Project is de precisiegrens voor metingen van de atomaire structuur van radioactieve kernen met een

factor 1000 te verbeteren. Koszorús ontwikkelt nieuwe en veelzijdige technieken bestaande uit lasers, gecombineerd met een Multi-reflection time-of-flight-massaspectrograaf voor precisiemetingen op langlevende isotopen in het thuislabo en later voor kortlevende kernen op ISOL@MYRRHA.

De technische ontwikkelingen in de thuislaboratoria, samen met de ontwikkelingen in de versnellerscentra waar Leuvense onderzoekers bij betrokken zijn, leiden tot experimentvoorstellen in Zwitserland (ISOLDE), Duitsland (GSI), Frankrijk (GANIL), Finland (Jyväskylä) en op termijn ook in België op de ISOL@MYRRHA faciliteit in Mol.

Een afscheiding maar geen afscheid

In 1971 werd de afdelingsstructuur van het Departement Natuurkunde vastgelegd. Op drie van de zes afdelingen gebeurde er onderzoek naar de eigenschappen van de vaste stof: op de afdelingen Vastestoffysica en Magnetisme, Vastestof- en Hogedrukfysica en op het IKS. Begin 2019, 38 jaar later, was de situatie nog altijd dezelfde, op een naamsverandering van Vastestof- en Hogedrukfysica in 'Halfgeleiderfysica' na. Hoewel er veel overlappingen waren in de onderzoeksvragen, was er slechts beperkte samenwerking, iets wat ook externen bij visitaties vaststelden. Enkel de vastestoffysici van het IKS en van VSM werkten intens samen in het IMBL. Verschillende departementsvoorzitters probeerden tevergeefs die inefficiënte situatie recht te zetten, maar naast een aantal persoonlijke aversies waren er ook te grote verschillen in de visie over het te voeren afdelingsbeleid. Uiteindelijk besloten de vastestoffysici van het IKS om samen met het merendeel van de onderzoeksgroepen van Vastestoffysica en Magnetisme een nieuwe afdeling te vormen. De afdeling Kwantumvastestoffysica (in het Engels Quantum Solid-State Physics, afgekort QSP) werd op 1 augustus 2019 boven de doopvont gehouden. Het afgeslankte IKS en het nieuwe QSP besloten wel om hun onderzoeksstrategieën en beleidsstructuren op elkaar af te stemmen. Het IKS bestond voortaan uit vier onderzoeksgroepen: Kernmomenten, geleid door Neyens, De Groote en Koszorús; Kernspectroscopie en Kernreacties, geleid door Van Duppen en Raabe; Zwakke Interacties, geleid door Severijns; en Interdisciplinair Onderzoek door Cocolios. De voormalige IKS-stafleden Pereira, Temst en Vantomme vormden samen met de voormalige VSM-stafleden Ewald Janssens, Peter Lievens, Margriet Van Bael en Joris Van de Vondel de aca-

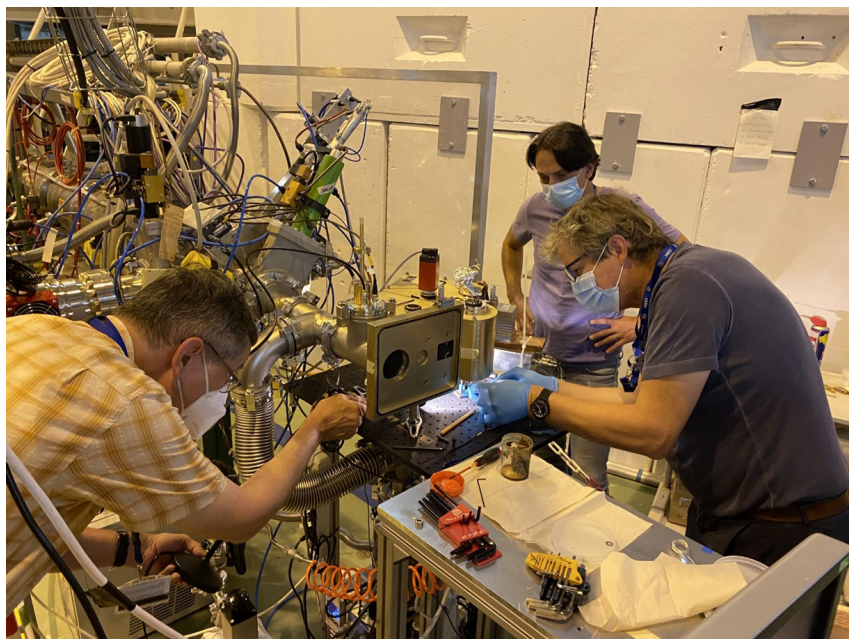


De stafleden van IKS en QSP op een gezamenlijk conclaaf (2019)

demische staf van QSP. De twee afdelingen hebben verscheidene contactgelegenheden ingebouwd, zoals gemeenschappelijke werkbesprekingen, waar doctorandi en postdocs hun vorderingen presenteren, regelmatig een gemeenschappelijke stafvergadering, jaarlijks het conclaaf van de vaste staf en ook via het gemeenschappelijk secretariaat. Het is dus geen afscheid. Met de herschikking van 2019 kreeg men twee afdelingen met elk zeven academische stafleden, sterk overtuigd dat samenwerking een grote meerwaarde creëert.

Een kernklok

Een 'Letter of Intent' bij het INTC werd in 2017 ingediend door een aantal Leuvense kernfysici en vastestoffysici van het IKS om de laagenergetische isomeer van $^{229}\text{Th}^6$ met een nieuwe methode te bestuderen. Van de ongeveer 3400 bekende kernen is dit de enige kern met een niveau op minder dan 10 eV boven de grondtoestand. Dit is een unieke situatie, want een nucleaire toestand in dit energiegebied zou aangeslagen kunnen worden door laserlicht, wat uiteindelijk zou kunnen leiden tot een kernklok. In tegenstelling tot de huidige atoomklokken, die de elektronen als trillingsbron gebruiken, zou een kernklok gebruikmaken van de nucleonen. Kernen zijn veel minder afhankelijk van invloeden van buitenaf, wat een veel grotere precisie zou geven. In 1976 vermoedde men al dat er een uiterst laagliggend niveau aanwezig was in ^{229}Th op minder dan



Peter Thirolf, Piet Van Duppen en Rafael Ferrer monteren de spectrometer voor het thorium kernklokexperiment op ISOLDE, CERN (2021).

100 eV boven de grondtoestand. Na 47 jaar intens onderzoek wist men dat de toestand wel degelijk bestond maar de exacte energie, halveringstijd en verdere eigenschappen van het isomere niveau waren onvoldoende bekend om al een dergelijke klok te bouwen. De manier om die isomeer te onderzoeken, was tot dan toe veelal gebaseerd op het alfaverval van ^{233}U . Van Duppen kwam met een voorstel om de kern op een andere manier te onderzoeken: via het inplanten van het radioactieve ^{229}Ac in een kristallijn rooster zou de isomere toestand in ^{229}Th via β -verval sterker gevoed kunnen worden en zou er ook minder stralingsschade optreden in het kristallijne rooster. Om dit succesvol te kunnen onderzoeken, was de expertise van de kernspectroscopiegroep en van de vastestofgroep van het IKS cruciaal. De 'Letter of Intent' werd goedgekeurd en een reeks metingen op ISOLDE werden opgestart om zuivere, intense bundels van ^{229}Ac te produceren en om de positie te bepalen waar ^{229}Ac in een CaF_2 -kristallijn rooster ingeplant werd, zodat het verval ervan opgemeten kon worden. De resultaten van beide testen waren bemoedigend en in mei 2020 werd een voorstel voor experiment ingediend met Van Duppen als

spokesperson. Naast de vijftien IKS- en QSP-onderzoekers signeerden nog achttien onderzoekers uit tien Europese onderzoeksinstituten mee. Het voorstel werd goedgekeurd en in september 2021 werden de energie, de vervalwijze en de halveringstijd met voldoende precisie opgemeten. De resultaten werden in mei 2024 in het vaktijdschrift *Nature* gepubliceerd.⁷ Het artikel kreeg bij Altmetric, een datawetenschapsbedrijf dat bijhoudt waar gepubliceerd onderzoek online wordt vermeld, als resultaat: 'In the top 5% of all research outputs scored by Altmetric'. Het was dit artikel dat veel weerklank kreeg in de buitenlandse pers, maar niet in België. Minder dan een jaar later rapporteerde Ekkehard Peik, de directeur van het Duitse Metrologisch Instituut (Braunschweig), dat zijn groep in samenwerking met de groep van Thorsten Schumm (TU Wien) op basis van de Leuvense metingen erin geslaagd was om met laserlicht ^{229}Th te exciteren. Via deze cruciale stappen is de race naar een nucleaire klok in een ware stroomversnelling geraakt.

HOOFDSTUK 9

CONCLUSIE

Door de unieke positie die België innam met de uitzonderlijk rijke uraniumertsen in Congo koesterde de natie, kort na de Tweede Wereldoorlog, grootste plannen om België uit te bouwen tot een atoomstaat. Maar er heerste duidelijk een gebrek aan expertise in de kernfysica. Voor de oorlog voerde de ULB onderzoek naar kosmische straling en in Leuven stond de groep van Marc de Hemptinne klaar om een cyclotron te bouwen. Uit politieke overwegingen werd er, na de oorlog, beslist om het fundamenteel onderzoek in de kernfysica en het gerichte onderzoek naar de ontwikkeling van de kernenergie volledig te scheiden: het eerste gebeurde aan de universiteiten, het tweede in een nationaal instituut, het SCK in Mol. Dit bleek niet zo'n goede startpositie te zijn. In de ons omringende landen werden de krachten wel gebundeld.

De financiering, in het begin grotendeels met de over-taks op de verkoop van uranium, van het fundamenteel kernfysisch onderzoek werd geregeld door het Interuniversitair Instituut voor Kernwetenschappen. Zes instituten werden opgericht, twee aan de rijksuniversiteiten (Gent, Luik), twee aan de vrije universiteiten (Leuven, Brussel), een aan de Faculté Polytechnique de Mons en een aan de Koninklijke Militaire School. Iedereen bouwde er zijn eigen versnellersinfrastructuur op. Er was veel competitie en weinig samenwerking. Zoals de Amerikaan Collins in zijn rapport van 1958 voor het IIKW vaststelde, waren er weinig onderzoeksresultaten, want de meeste energie ging in het bouwen of op peil houden van de versnellers. Hij was de mening toegedaan dat er geconcentreerd moest worden in een nationaal instituut voor deeltjesfysica. Kernfysica lag volgens hem niet meer aan de frontlijn van het onderzoek. Het IIKW, waarvan het wetenschappelijk comité was samengesteld uit voornamelijk

vertegenwoordigers van de zes instituten, kwam nooit tot een duidelijke keuze. Het bleef hinken op twee benen, zowel steun voor de lokale versnellers voor kernfysisch onderzoek als steun voor een nationaal instituut voor deeltjesfysica gericht op CERN. Het Belgisch Interuniversitair Laboratorium voor Hoge Energieën werd opgericht in 1961, maar kreeg in 1972 concurrentie van het Interuniversitair Instituut van de Hoge Energieën, opgericht door de ULB en de VUB. In 1976 stopte het Belgisch Interuniversitair Laboratorium voor Hoge Energieën zijn werking.

Een bilan van de experimentele kernfysica in België rond 1960 kan men niet positief noemen. De versnellers waar men al zo lang aan werkte, konden de concurrentie met het buitenland niet aan en experimenten op die versnellers leverden ook geen baanbrekende kernfysische resultaten. Wel waren er twee sterke groepen in de theoretische kernfysica met Claude Mahaux in Luik en Marcel Demeur in Brussel.

De interesse in de kernfysica en de kernenergie was omstreeks 1960 nog groot en meestal positief. Ook was het IIKW, een van de drie geassocieerde fondsen van het NFWO, nog altijd een belangrijk maar geoormerkt financieringskanaal voor fundamenteel onderzoek aan de universiteiten. Vandaar de interesse van de Leuvense universitaire overheid om ook de Nederlandstalige studenten de mogelijkheid te bieden onderzoekswerk te verrichten in het Franstalige Centre de Physique Nucléaire de Louvain en eindwerken en doctoraten te behalen in de kernfysica. Professor Paul Mariens werd aangesproken om de leiding van deze studenten op zich te nemen. Hij was geen kernfysicus, maar samen met Romain Coussement, de tweede Nederlandstalige doctor in de kernfysica in Leuven, werd er een onafhankelijk wetenschappelijk onderzoeksprogramma opgesteld. In tegenstelling tot de andere experimentele groepen in België werd expliciet enkel de kernfysica als actieterrein gekozen en werd er dus geen onderzoek opgestart in de deeltjesfysica. Het programma omvatte vanaf het begin de studie op langlevende radioactieve kernen in het thuislabo en op kortlevende kernen buitenshuis aan versnellers of reactoren in het binnen- of buitenland. Er werd ervoor geopteerd om met behulp van isotopenseparatie die kernen in te planten in meetopstellingen om via de uitgezonden straling de structuur van de kernen of de structuur van de materialen te onderzoeken waar de kernen terechtkwamen. Dit gebeurde via spectroscopische vervalstudies en de studie van de hyperfijninteractie tussen de nucleonen in de kern en de elektronen van het atoom.

Twee factoren waren uiterst belangrijk voor de ontwikkeling van het Instituut voor Kern- en Stralingsfysica. Het was de periode van de inhaalkre-

dieten zowel voor de Leuvense universiteit als voor de Vlaamse deelname binnen het IIKW, die tot dan veel lager lagen in vergelijking met de Franstalige. Dit zorgde voor een constante, substantiële financiering. De komst in 1972 van de CYCLONE110-versneller in Louvain-la-Neuve was de tweede factor. België beschikte nu over een apparaat dat de concurrentie met het buitenland wel aankon. De experimentele kernfysici van de ULB, UCL en KUL richtten elk hun eigen onderzoeksprogramma op CYCLONE110 en ontmoetten elkaar in Louvain-la-Neuve. De experimentele kernfysici in Gent bleven werken aan hun 90MeV-lineaire elektronenversneller, aangekocht in 1965, maar er kwam wel een stevige samenwerking van de Leuvense kernfysici met Kris Heyde en zijn Gentse theoretische kernfysicagroep. De theoretici in Leuven richtten zich vooral op de deeltjesfysica.

Van het begin lag de focus van de IKS-kernfysici op wat nu het ‘radioactieve-ionenbundelonderzoek’ wordt genoemd binnen de kernfysica. Deze concentratie maakte het mogelijk om een substantiële bijdrage te leveren aan de grote onderzoeksvragen van dit domein. Deze vragen werden in de verschillende *Long Range Plan*-oefeningen door NuPECC in een Europees kader geformuleerd. Het is interessant om hier even op in te gaan. In de vorige hoofdstukken werd de geschiedenis van de kernfysica in Leuven beschreven aan de hand van de ontwikkeling van de onderzoeksgroepen en hun positie binnen de universiteit, binnen België en Europa. Maar er werd weinig ingegaan op wat nu juist kernfysici boeit en bezielt om hun onderzoeksleven te wijden aan de kernfysica. Zes vragenreeksen, opgesteld door NuPECC, kunnen dat misschien verduidelijken.

- Waar eindigt het bestaan van de atoomkern en waar eindigt meer bepaald de tabel van Mendelejev?
- Hoe robuust is de schillenstructuur binnen in de kern? Is die nog dezelfde ver van de stabiliteitslijn?
- Welke vormen kan een kern aannemen? Wat is de band tussen het collectieve en het individuele gedrag van de nucleonen?
- Hoe zijn de elementen van de tabel van Mendelejev ontstaan in de sterren?
- Hoe kan het radioactieve-ionenbundelonderzoek bijdragen leveren tot het testen van het Standaardmodel van de deeltjesfysica?
- Hoe kan het radioactieve-ionenbundelonderzoek maatschappelijk relevante bijdragen leveren in bijvoorbeeld materiaalonderzoek, energieproblematiek en biomedische toepassingen?

Voor al deze onderzoeksvragen heeft het IKS zowel cruciale technieken ontwikkeld als experimenten uitgevoerd die de inzichten verdiepten of veranderden. Voor elk van die vragen worden voorbeelden gegeven via een beperkt aantal wetenschappelijke artikels.

Momenteel liggen de voorspellingen van de verschillende theoretische modellen over het laatste element van de tabel van Mendelejev zeer sterk uiteen. Dieper inzicht in de structuur van de superzware kernen is nodig. Het artikel van Rafael Ferrer et al. in *Nature Communications* beschrijft een nieuwe techniek om hogeresolutie-laserspectroscopie mogelijk te maken op de zwaarste elementen.¹ Deze techniek wordt nu toegepast aan verscheidene buitenlandse versnellers en een eerste succesvolle meting op het element nobelium werd begin 2025 in Duitsland uitgevoerd.

Het schillenmodel, 76 jaar geleden voorgesteld door Nobelprijslaureaat Maria Goeppert Mayer (1906–1972), is gebaseerd op de observatie dat protonen en neutronen in een kern zichzelf organiseren in verschillende energieniveaus en daarbij schillen vormen gelijkaardig aan de schillen, gevormd door elektronen in een atoom. Zo ontstaan stabiele configuraties bij welbepaalde, zogenaamde ‘magische’ getallen. Maar die ‘magische’ getallen blijken niet universeel te zijn, ver van de stabiliteitslijn komen er afwijkingen. De kernladingsstralen zijn gevoelige indicatoren van schilsluitingen. Ronald Fernando Garcia Ruiz et al. observeerden onverwacht grote ladingsstralen in exotische calciumkernen.²

Aage Bohr (1922–2009), Ben Mottelson (1926–2022) en James Rainwater (1917–1986) kregen in 1975 de Nobelprijs voor de Fysica voor hun ontdekking van het verband tussen collectieve en individuele excitaties in de atoomkern. Kernen kunnen van vorm veranderen en net als moleculen roteren, maar het verband met deeltjesexcitatie is veel complexer. Andrei Andreyev et al. ontdekten het ultieme voorbeeld van vormveranderingen in een kern.³

De nucleosynthese beschrijft alle mogelijke processen die in de kosmos via kernreacties leiden tot de vorming van de stabiele en uiterst langlevende elementen in de tabel van Mendelejev. Het overgrote deel van die processen gebeurt in sterren, waarbij ook kortlevende kernen een rol spelen. Zoals William Fowler aangaf in zijn Nobellezing, is het uiterst belangrijk om de sleutelreacties van sommige kortlevende kernen hier op aarde na te meten. Hij nam de $^{13}\text{N}(p,\gamma)^{14}\text{O}$ -reactie als voorbeeld. Dit is exact wat de UCL-KUL-ULB-collaboratie opmat in 1990, zeven jaar na

Fowlers lezing.⁴ Dit pionierswerk heeft ertoe geleid dat gelijkaardige succesvolle projecten werden uitgerold in Europa, Noord-Amerika en Azië.

Het Standaardmodel van de deeltjesfysica beschrijft de interacties tussen de meest elementaire deeltjes. De nucleonen in de kern zijn opgebouwd uit die elementaire deeltjes. Uit de vervaleigenschappen van een aantal kernen kunnen bepaalde hypothesen in het Standaardmodel gevoelig getest worden. Nathal Severijns is een van de leidende figuren in dit gebied.⁵

De laatste vraag omtrent mogelijke toepassingen van radioactieve ionenbundels voor materiaalonderzoek is duidelijk beantwoord gezien de grote activiteit van de IKS-vastestoffysici op ISOLDE. De Leuvense groep was sterk betrokken in de optimalisatie van de emissiekanalisatietechniek. Het voorbeeld dat hier gegeven wordt, past in de zoektocht naar silicium-gebaseerde opto-elektronische toestellen.⁶ Ook rond biomedische toepassingen is het IKS sterk betrokken en dit in MEDICIS op ISOLDE. Het tijdschrift *Frontiers in Medecine* wijdt er een 'Research Topic' aan met als titel 'MEDICIS-promoted: Advances in radioactive ion beams for nuclear medicine'.

Het IKS is ontstaan in de jaren 60 van de vorige eeuw, een periode van tumult en verandering maar ook van optimisme. Met Mariens en Coussement werd niet de beleidsstructuur overgenomen van de twee grote natuurkunde laboratoria in Leuven, waar de leiding zat bij sterke figuren zoals De Hemptinne en Van Itterbeek. Er werd integendeel gekozen voor een collegiale structuur, waar alle onderzoekers mee het beleid bepaalden. Hoewel dat model een aantal keer in vraag werd gesteld, is het toch essentieel behouden gebleven in die zin dat het beleid bepaald wordt door alle vaste stafleden. De tijd van de twee grote IIKW-projecten die de beginjaren van het IKS ondersteunden is voorbij, de tijd van het IIKW zelf is voorbij. Maar het IKS heeft dat met succes overleefd. De financiering gebeurt nu via zowel individuele als gemeenschappelijke projecten waarmee ook opstartende stafleden worden ondersteund.

Er werd goed geluisterd naar de rede van rector De Somer bij de plechtige opening van het nieuwe Instituut voor Natuurkunde in 1972. De Somer stelde toen dat wetenschappelijk onderzoek in de natuurwetenschappen het werk is van groepen en dat de alleenstaande onderzoeker niet meer competitief is.

ENKELE KERNBEGRIPPEN VERDER UITGELEGD

Kernfysische begrippen

De atoomkern, de massieve maar uiterst kleine kern van een atoom, bestaat uit twee soorten kerndeeltjes, namelijk **protonen** en **neutronen**, die ongeveer even zwaar zijn. Neutronen zijn elektrisch neutraal, terwijl protonen elektrisch positief geladen zijn. Het aantal protonen bepaalt het scheikundig element. Zo heeft koolstof (C), het zesde scheikundig element in de tabel van Mendelejev, 6 protonen. Het totale aantal kerndeeltjes bepaalt de massa. Er bestaan verschillende atoomkernen (isotopen) van koolstof, kernen dus met een verschillend aantal neutronen. Het meest voorkomende koolstofsotoop is koolstof-12 met 6 neutronen, aangegeven als ^{12}C . Ook koolstof met 7 neutronen (^{13}C) komt in de natuur voor, maar ongeveer 99 keer minder. ^{12}C en ^{13}C zijn de **stabiele isotopen** van koolstof, ze ondergaan geen radioactief verval. Koolstof met 8 neutronen (^{14}C) komt ook op aarde voor, hoewel het radioactief is. Het heeft een **halveringstijd** van 5730 jaar, wat betekent dat na 5730 jaar de helft van een oorspronkelijk aantal ^{14}C -kernen vervallen is. ^{14}C is een **radio-isotoop**. De reden waarom ^{14}C op aarde voorkomt, ligt in het feit dat het continu aangemaakt wordt door botsingen van kosmische deeltjes met luchtmoleculen in de dampkring.

Er zijn nog natuurlijke radio-isotopen op aarde. Dit zijn isotopen die een halveringstijd hebben in de buurt van de leeftijd van de aarde (ca. 4,5 miljard jaar) en dus nog niet allemaal vervallen zijn naar een stabiel isotoop. De bekendste hiervan zijn uranium-238 (^{238}U) met een

halveringstijd van 4,47 miljard jaar en thorium-232 (^{232}Th) met een halveringstijd van 14 miljard jaar. Beide isotopen hebben een zeer lange vervalketen, die uiteindelijk eindigt in stabiel lood. In de vervalketen van ^{238}U komt radium-226 (^{226}Ra) voor met een halfveringstijd van 1600 jaar en radon-226 (^{226}Rn) met een halveringstijd van 3,8 dagen.

De belangrijkste eigenschappen van de atoomkern

- Het aantal protonen (Z) bepaalt het chemisch element; bv. zuurstof (O) heeft 8 protonen.
- Het aantal neutronen (N): zuurstof heeft drie stabiele isotopen (N = 8, 9 en 10), voorgesteld als ^{16}O , ^{17}O en ^{18}O op basis van het massagetal.
- Het massagetal (A): $Z + N = A$, voor de stabiele zuurstofkernen is dat dus 16, 17, 18.
- De massa is ruwweg bepaald door het aantal nucleonen (A), maar een nauwkeurige meting van de afwijking ervan levert cruciale informatie.
- De halveringstijd ($T_{1/2}$): radioactieve isotopen vervallen met een karakteristieke halveringstijd, die kan variëren van fracties van een seconde tot miljarden jaren.
- De uitgestuurde straling: dit kan elektromagnetische straling zijn (X-stralen, γ -stralen), maar ook deeltjesstraling (elektronen, positronen, α -straling en zwaardere ionen).
- De kernspin is een intrinsieke eigenschap en wordt beschreven door het spinkwantumgetal.
- Het magnetisch dipoolmoment bepaalt de mate waarop de kern reageert in magnetische velden.
- Het elektrisch quadrupoolmoment bepaalt de mate waarop de kern reageert op elektrische veldgradiënten.
- De nucleonen in een kern zitten in verschillende energieniveaus en vormen daarbij schillen gelijkaardig aan de schillen, gevormd door elektronen in een atoom. Zo ontstaan stabiele configuraties bij welbepaalde, zogenaamde 'magische' getallen.
- De vorm is een collectieve eigenschap van de kern; dit kan onder andere sferisch zijn (zoals een voetbal), prolaat (zoals een rugbybal) of oblaat (zoals een discus).

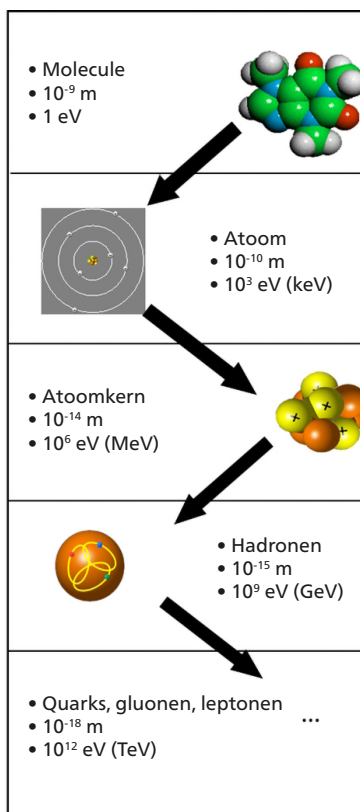
Radioactieve kernen vervallen meestal door het uitschieten van straling. De meest voorkomende types worden met een Griekse letter aangegeven: **α alfastraling**: het uitschieten van een heliumkern; **β bètastraling**: het uitschieten van een elektron of positron (positief elektron); en **γ gammastraling**: het uitschieten van een hoogenergetische elektromagnetische straal. In de vervalketen van ^{238}U komen die drie types voor. Uiterst zware kernen kunnen ook nog op een andere manier vervallen door te splitsen in twee brokstukken: **kernsplijting** (fissie). Daarbij komt ontzettend veel energie vrij. Kernsplijting kan ook geïnduceerd worden. Bij uranium-235, een ander isotoop van uranium, kan dat gemakkelijk door een neutron te absor-

beren. ^{235}U is wel zeldzaam, de relatieve abundantie op aarde bedraagt slechts 0,72% in natuurlijk uranium. Om het te gebruiken in een kernreactor, moet natuurlijk uranium verrijkt worden. Bij kernsplijting komt niet alleen veel energie vrij maar ook een aantal neutronen. Die kunnen op hun beurt een uraniumkern splijten en zo komt een kettingreactie op gang, wat tot een explosie kan leiden.

Radioactieve straling is meestal voldoende energetisch om een elektron uit een atoom te rukken. Het atoom is dan in een geïoniseerde toestand. Daarom spreekt men soms van ‘**ioniserende straling**’. Ook de straling ontdekt door Wilhelm Röntgen in 1895, de zogenaamde **röntgenstraling** of **X-straling**, is ioniserend. Wanneer ioniserende straling op het weefsel van een levend wezen valt, kan dit leiden tot mutaties in of afsterven van de geraakte cel. Dit schadelijk effect wordt gebruikt in de radiotherapie om kankercellen te doden.

De kwantumladder

De kwantumladder is een voorstelling hoe men, in functie van dimensie, van moleculen tot de kleinste bouwstenen van de materie afdaalt. Zo komt men door verschillende afgebakende gebieden van de fysica. Telkens als men een stap afdaalt, verhoogt de energie (hier gegeven in grootteordes van elektronvolt) en heeft men ook hogere energieën nodig om die te bestuderen. Het is de kwantumtheorie zelf die deze ogenschijnlijk gelaagde structuur, van moleculen naar nog ‘fundamentele’ deeltjes, naar voren brengt. De moleculaire fysica beschrijft de elektromagnetische interactie tussen verschillende atomen. De atomaire fysica speelt zich af in het atoom en richt zich naar de eigenschappen van de elektronen rond de atoomkern. Ook hier bepaalt de



elektromagnetische interactie voornamelijk die eigenschappen. De interactie van de nucleonen (protonen en neutronen) in de atoomkern is het domein van de kernfysica. De sterke (nucleaire) interactie houdt de nucleonen bij elkaar, terwijl de elektromagnetische interactie de positief geladen protonen uit elkaar drijft. De zwakke interactie kan leiden tot het radioactief verval van de kern. In eerste instantie hangt de beschrijving van de atoomkern niet af van de bovenliggende structuur, het atoom, of van de onderliggende structuur, de hadronen. Maar soms is er wel beïnvloeding. Het onderste deel van de kwantumladder wordt bestudeerd in de deeltjesfysica met als elementaire bouwstenen de quarks, gluonen en leptonen.

De fundamentele interacties en het Standaardmodel

Van de vier fundamentele interacties – de zwaartekracht, de elektromagnetische kracht, de sterke kernkracht en de zwakke kernkracht – zijn de laatste drie bepalend binnen in de atoomkern. Het Standaardmodel van de deeltjesfysica beschrijft de interactie tussen de meest elementaire deeltjes onder invloed van deze laatste drie natuurkrachten. De nucleonen in de atoomkern zijn samengesteld uit die elementaire deeltjes. Net zoals er interactie is tussen het kernniveau en het atomaire niveau (de hyperfijninteractie), is er ook interactie tussen het kernniveau en het niveau van de elementaire deeltjes. Zo kan er vanuit de kernfysica ook informatie bekomen worden over het Standaardmodel.

De hyperfijninteractie

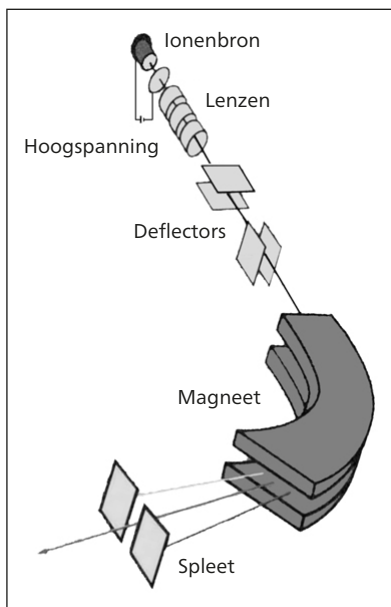
De banen van de elektronen rond de atoomkern worden heel licht veranderd (verschoven, opgesplitst) door de interactie tussen de kern en de atomaire elektronenwolk: de hyperfijninteractie. De gevolgen zijn subtiel, maar kunnen opgemeten worden. En dit kan enerzijds informatie geven over de structuur van de atoomkern, zoals de gemiddelde straal (vorm), het impulsmoment (spin) en de elektrische en magnetische momenten, en anderzijds over de omgeving waarin het atoom zich bevindt, zoals het lokaal magnetisch hyperfijnveld en de elektrische veldgradiënt. Daaruit kunnen dan de vastestofeigenschappen van de omgeving gehaald worden. Wanneer de atoomkern radioactief is, kan dit afgeleid worden uit

de uitgezonden straling met technieken zoals mössbauer-spectroscopie, gestoorde hoekcorrelaties en kernoriëntatie. Met de komst van uiterst gevoelige en krachtige lasers is het ook mogelijk om de hyperfijnstructuur van de elektronniveaus rechtstreeks op te meten.

Isotopenseparatie

Deze techniek is van in het begin van het IKS tot heden de ruggengraat van het Instituut. Een chemisch element kan verschillende isotopen hebben. Dat betekent dat het aantal protonen in de atoomkern gelijk is, maar het aantal neutronen verschillend. Zo heeft zuurstof drie stabiele isotopen (^{16}O , ^{17}O en ^{18}O met acht protonen en respectievelijk acht, negen, en tien neutronen) en verschillende radioactieve isotopen, alle met een verschillende massa. Het is mogelijk om isotopen van een chemisch element, op basis van hun massa, te scheiden in een magnetische isotopenseparator. In de

ionenbron wordt het neutrale atoom eerst geïoniseerd en daarna versneld door een aangelegde hoogspanning. Via ion-optische elementen wordt de ionenbundel naar massa gescheiden in een magneet en worden de ionen met een welbepaalde massa ingeplant in een detectieopstelling.



ANNEX 2

LIJST VAN DE DOCTORATEN

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
1	Gepts Patrick	Vervalschema van ^{165}Dy	P. Mariens	1962
2	Coussement Romain	Invloed van de hoger orde bijdragen op de toegelaten beta overgangen	P. Mariens	1964
3	Vanneste Ludo	Experimentele studie van de Isospinverboden Beta-overgangen	P. Mariens	1967
4	Van Esch Robert	Studie van de kern ^{57}Co . Meting van het magnetisch moment van de 1378 keV-toestand	P. Mariens	1970
5	De Raedt Joseph	Eenmaal verboden Beta overgangen in het gebied van de dubbelmagische kern ^{208}Pb	P. Mariens	1970
6	Rots Michel	Kernspectroskopische studie van de oneven tellurium isotopen ^{123}Te en ^{125}Te	P. Mariens, R. Coussement	1970
7	Van Assche Pieter	Onderzoek door middel van een Gamma-Diffraktiespektrometer met gebogen kristal	P. Mariens	1972
8	Schmidt Klaus Peter	A Mössbauer parity experiment on ^{61}Ni and the determination of the ^{61}Co ground state spin	P. Mariens, R. Coussement	1972
9	Lafaut Jean-Pierre	Mössbauerspektrometrie aan de kern ^{61}Ni	P. Mariens	1973
10	Silverans Roger	Magnetische dipoolmomenten van isomere niveaus in oneven sferische kernen	P. Mariens, R. Coussement	1973
11	Langouche Guido	Studie van de kwadrupoolinteractie van Te en I kernen in Te eenkristallen	R. Coussement	1973
12	Mewissen Willy Louis	Parameters van neutronenresonanties in ^{236}U	P. Mariens	1974

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
13	Pattyn Hugo	Studie van de ionenimplantatie van Te en Xe in Ferromagnetika met behulp van hyperfijninteractie-metingen	P. Mariens	1974
14	Van den Cruyce Jean-Marie	Onderzoek van de laag-energetische toestanden van de dubbel-oneven vervormde kern ^{182}Ta	P. Mariens	1975
15	Vandenput Gilbert	De laag-energetische structuur van de overgangskern ^{151}Sm : Kwasideeltjesexcitaties, kollektieve rotaties, kwadruPOOLvibraties en hun interacties	P. Mariens	1976
16	Schoeters Emile	Kernorientatie van onzuiverheidsatomen in ferromagnetika	R. Coussement	1976
17	Van Rossum Marc	Studie van hyperfijninteracties van Xe en Te isotopen in ferromagnetika en halfgeleiders	R. Coussement	1976
18	Van de Voorde Hendrik	Hoekcorrelatiemetingen van de statische momenten van de kernen ^{125}Te en ^{127}Te in de anormale koppelingstoestand met spin $I=j-1$	R. Coussement	1976
19	Geerts Rita	Toepassingen van elektronendetektie bij integrale- en magnetische kernresonantiemetingen aan georiënteerde kernen	P. Mariens	1977
20	Jacobs Ludo	Studie in samenhang met een gebogen-kristal diffraktometer voor (n, γ)-spectroskopie	P. Mariens	1977
21	Meykens Antoon	Studie van de verandering der vervalkonstanten van ^{90m}Nb en ^{52}Fe in functie van de chemische omgeving	R. Coussement	1977
22	Odeurs Jos	Studie van de kinetika van onzuiverheden tijdens hun implantatie in metalen	R. Coussement	1978
23	Dumont Gerwin	Experimentele mogelijkheden in "Lisol" – Productie en vervalstudie van neutronarme In-kernen	R. Coussement	1978
24	Namavar Fereidon	Detection of a quadrupole interaction in a ferromagnetic cubic lattice by β - γ time differential perturbed angular correlation	R. Coussement	1978
25	Lhersonneau Gerard	Study of the levels in ^{103}Ag populated in the decay of on-line mass-separated ^{103}Cd at Lisol	R. Coussement	1979

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
26	Ooms Hilde	Bepaling van veldgradiënten en kernmomenten van ingeplante iodium-isotopen	R. Coussement	1979
27	Huyse Marc	Vervalstudie van de neutronarme ^{99}Agm , ^{99}Agg , ^{98}Ag en ^{97}Ag kernen	R. Coussement	1979
28	Maio Amélia A.T. Sanfins Do Douro	The observation of forbidden $\Delta M/\Delta I = 2$ one-photon nuclear magnetic resonance transitions in ^{12}B ($I=1$) nuclei	R. Coussement	1980
29	De Bruyn Jacqueline	Implantatie- en uitgloeigedrag van 5s-5p elementen in type-IV halfgeleiders	R. Coussement, G. Langouche	1980
30	Borghs Gustaaf	Hoge resolutie laserspektroskopie op snelle ionen bundels	R. Coussement, R. Silverans	1981
31	Verplancke Jan	Studie van ^{103}Cd en ^{105}Cd uit het verval van de naar massa gescheiden ^{103}In en ^{105}In isotopen	L. Vanneste	1982
32	Claes Josephina	Gestoorte hoekcorrelatie studie van de vorming en identificatie van loopkonfiguraties geassocieerd aan onzuiverheidsatomen ingeplant in monokristallijn koper en wolfraam	M. Rots	1982
33	Cornelis Karel	Experimentele bijdrage tot de studie van de even-even kernen	R. Coussement	1982
34	Verbiest Eddy	Stralingsschade in metalen bestudeerd met Mössbauer spektroskopie en komputer berekeningen	H. Pattyn	1983
35	Nuytten Chantal	Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van kernoriëntatie	L. Vanneste	1983
36	Hermans Louis	Studie van de elektrische veldgradiënt aan onzuiverheden in overgangsmetalen met gestoorde hoekcorrelatie metingen	M. Rots	1983
37	De Potter De Ten Broeck Muriel	Studie van halfgeleiders gedopeerd met ingeplante ^{57}Co -ionen met behulp van Mössbauer spektroskopie	G. Langouche	1984
38	Vandeplassche Dirk	Statische oriëntatie van kortlevende kernen – Ontwikkeling der methode en eerste resultaten	L. Vanneste	1985
39	Van Walle Eric	On-line kernoriëntatie van neutronarme overgangskernen	L. Vanneste	1985
40	Van Duppen Peter	Laagenergetische 0^+ toestanden in de semi-magische Pb kernen – Experimentele evidentie voor een éénvormige beschrijving van normale- en indringtoestanden	L. Vanneste	1985

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
41	De Bisschop Peter	Onderzoek naar on-line toepassingen van collineaire laserspektroskopie	R. Coussement	1985
42	Coenen Els	Indringtoestanden in ^{197}At , $^{189-195}\text{Bi}$ en $^{185-191}\text{TI}$ bestudeerd via het α -verval	R. Coussement	1985
43	Van Hove Marleen	Structuur van $5d\ 2D_{3/2, 5/2}$ Ba ionen door collineaire snelle ionenbundel laserspectroscopie en laser-rf dubbel-resonantie methoden	R. Silverans	1985
44	Put Paul	Nucleaire toestandsmengings-resonanties – Een nieuwe methode voor het meten van kwadripoolwisselwerkingen in vaste stoffen	R. Coussement	1986
45	Van der heyden Martine	Matrixisolatiestudie van ingeplante Mössbauerionen	G. Langouche	1987
46	Schroyen Dany	Ionenimplantatie, bestudeerd met ionenbundelkanalisatie en Mössbauerspektroskopie	G. Langouche	1987
47	Deneffe Kristine	Basisprincipes van de "Leuven Ion Guide Isotope Separator On Line" – Studie ter verruiming van de produktiemogelijkheden aan "on line" massaseparatoren	R. Coussement	1987
48	Kaerts Eric	Studie van de laagenergetische vibratietoestanden en de kwasideeltjes-fononkoppeling in ^{165}Dy aan de hand van (n,γ) en (d,p) reacties	P. Van Assche	1988
49	Scheveneels Guy	Toestandsmengingsspektroskopie voor in-bundel quadrupoolinteraktiemetingen	R. Coussement	1988
50	Wouters Jan	Onderzoek van de nucleaire structuur met behulp van anisotrope α -emissie	L. Vanneste	1989
51	Severijns Nathal	Ontwikkeling van technieken en eerste fysische resultaten in de studie van lichte kernen door middel van on- en off-line kernoriëntatie	L. Vanneste	1989
52	Hardeman Frank	Nucleaire quadrupoolmomenten van hoge spin toestanden in de franciumisotopen	R. Coussement	1989
53	Vantomme André	Vorming en karakterisatie van dunne Co-silicidelagen	G. Langouche	1991
54	De Doncker Godelieve	Hyperfijninteracties als mikroskopische studie van de magnetische ordening en roosterpositie van onzuiverheden in mangaan	M. Rots	1991

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
55	Lievens Peter	Lagerspektroskopische studie van nukleaire grondtoestand-eigenschappen van Strontiumisotopen	R. Silverans	1991
56	Dendooven Peter	Reflektieassymetrie in het actinidegebied: α -vervalstudies met behulp van de ionengeleidertechniek	M. Huyse	1992
57	Vermeeren Ludo	Optisch pompen en toestandsselectieve neutralisatie in laserspectroscopie op snelle ionenbundels – atomaire en kernfysische toepassingen	R. Silverans	1992
58	Wuyts Koen	De Ohmse kontaktvorming in Au/Te/Au/GaAs structuren	R. Silverans	1992
59	Bemelmans Hilde	DX-centra in $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ na implantatie van Te	G. Langouche	1993
60	Wauters Jan	Vormcoëxistentie in neutronarme even Pt, Hg, Pb en Po kernen bestudeerd via het α -verval	M. Huyse, P. Van Duppen	1993
61	Neyens Gerda	Ontwikkeling van een doelgerichte Lems-opstelling en bepalen van het quadrupoolmoment van isomere toestanden in radium-isotopen	R. Coussement	1993
62	Dekoster Johan	Studie van metastabiel bcc Co	G. Langouche	1993
63	Vanderpoorten Wim	Statische en dynamische oriëntatie van lichte kernen	L. Vanneste, N. Severijns	1993
64	Reusen Geert	De invloed van de Gamow-teller β -sterktefunctie op de vervalmoden van neutronarme In kernen	M. Huyse, P. Van Duppen	1993
65	Decoster Patricia	Mikroskopische studie van onzuiverheidsdistributies en hyperfijnveldverschuivingen in verdunde nikkel-legeringen	M. Rots	1993
66	Decrock Patrick	Productie van energetische radioactieve ionenbundels en de bepaling van de $^{13}\text{N}(p,\gamma)^{14}\text{O}$ astrofysische S-factor	P. Van Duppen, M. Huyse	1994
67	S'Heeren Greta	Toestandmengingsresonanties in het twee-spin systeem ^{12}BaI	R. Coussement	1994
68	Van Den Bergh Magdalena	Quantum optische beschouwingen voor gammastralen	R. Coussement	1994
69	Van Bavel Anne-Marie	Studie van atomaire defecten in Si door gebruik van radioactieve isotopen in spectroscopische technieken	G. Langouche	1995

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
70	De Moor Piet	Detektie van straling bij hoge magneetvelden en lage temperaturen met behulp van fononen	L. Vanneste, N. Severijns	1995
71	Nouwen Raf	Een uitbreiding van de LMR-meetmethode voor in-bundel toestandsmengingsresonantie-metingen met hoge precisie	R. Coussement	1995
72	Schuermans Paul	The angular distributions of alpha particles emitted by oriented nuclei and their relation to nuclear deformation	L. Vanneste, N. Severijns	1996
73	Gaelens Michel	Production and use of intense radioactive ion beams: ^{14}O as a case study	M. Huyse	1996
74	Vancraeynest Geert	De $^{19}\text{Ne}(p,\gamma)^{20}\text{Na}$ astrofysische reactiesnelheid	M. Huyse, P. Van Duppen	1996
75	Camps Johan	Search for right-handed currents and tensor type interactions in the beta-decay of polarised nuclei	L. Vanneste	1997
76	Milants Karen	Nanoprecipitaatvorming na ionenimplantatie: grootte en roosterdynamica	H. Pattyn	1997
77	Cottenier Stefaan	Hyperfijninteractie- en bandstructuurstudie van $\text{U}(\text{In}_{1-x}\text{Sn}_x)_3$	M. Rots	1997
78	Swinnen Bart	Structure and interfacial magnetism of Fe/Co multilayers	M. Rots	1997
79	Meersschant Johan	Magnetic multilayers studied with nuclear methods	M. Rots	1998
80	Verheyden Joris	Studie van Co-nanoprecipitaten in Ag	H. Pattyn	1998
81	Bijnens Nathalie	Intruder states in neutron-deficient even Po nuclei and the stability of the $Z=82$ shell closure	M. Huyse, P. Van Duppen	1998
82	Deweerd Wim	Studie van gettering en oppervlakteadsorptie aan Co-onzuiverheden in c-Si	H. Pattyn	1998
83	Degroote Stefan	Epitaxiale groei van transitiemetaalsilicides met behulp van moleculaire bundel epitaxie	G. Langouche, A. Vantomme, J. Dekoster	1998
84	Ternier Sonja	Extending the applicability of the LLevel Mixing Spectroscopy Method	R. Coussement	1998
85	Barancira Thaddée	Experimental study of Sn incorporated in Si, Ge and $\alpha\text{-SiC:H}$: lattice location and segregation	H. Pattyn	1999

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
86	Moons Raf	Structurele en magnetische eigenschappen van Fe/FeSi-multilagen	G. Langouche	1999
87	Franchoo Serge	Evolution of Nuclear Structure towards ^{78}Ni investigated by the β decay of Laser-Ionized $^{68-74}\text{Ni}$	M. Huyse, P. Van Duppen	1999
88	Coulier Nico	Statische momenten en spinoriëntatie van projectiel-fragmentatiekernen bestudeerd met toestandsmengingstechnieken	R. Coussement, G. Neyens	1999
89	Reusen Ils	The Gamow-Teller Decay of Neutron-Deficient Refractory Isotopes Studied with On-Line Mass Separation and Recoil Fragment Separation Techniques	M. Huyse, P. Van Duppen	1999
90	Demuynck Steven	Hyperfijninteractiestudie van het magnetisme in Ag/Cr-multilagen en UX3-legeringen	M. Rots	2000
91	L'abbé Caroline	New techniques based on the coherence with gamma-radiation	R. Coussement, J. Odeurs	2000
92	Hogg Susan	Channeled implantation of rare earth ions into Si – Fundamental aspects and silicide formation	A. Vantomme	2000
93	Vyvey Katrien	Testing nuclear models by measuring quadrupole moments of high spin isomers in spherical and deformed nuclei	R. Coussement, G. Neyens	2001
94	Raabe Riccardo	Study of Low-Energy Reactions with the Halo-Nucleus ^6He	M. Huyse, P. Van Duppen	2001
95	Koops Gerhard	Studie van de vorming en dynamica van Sn nanoclusters in SiO_2	H. Pattyn	2001
96	Phalet Titia	Magnetic Non-Collinearity and Hyperfine Fields in Ultrathin Ag/Fe Multilayer Systems	M. Rots, N. Severijns	2001
97	Degroote Bart	Diffusion and nucleation of Co on Ag(001) – A comparison of thermal deposition and low energy ion deposition	A. Vantomme, H. Pattyn	2001
98	Georgiev Georgi	Magnetic moments of isomers and ground states of exotic nuclei produced by projectile fragmentation	R. Coussement, G. Neyens	2001
99	Vereecke Bart	Testing the Standard Model via a positron polarization measurement on oriented ^{118}Sb	N. Severijns	2001

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
100	Teughels Stéphanie	Exploring the limits of the Island of Inversion with the Level Mixing and Nuclear Magnetic Resonance techniques	R. Coussement, G. Neyens	2001
101	Van Roosbroeck Jan	Systematic Nuclear-Structure Study of Even-Mass Zn and Cu Isotopes Between N=40 and 50	M. Huyse, P. Van Duppen	2002
102	Callens Riet	Stroboscopic detection of nuclear forward scattered synchrotron radiation	R. Coussement, J. Odeurs	2003
103	Van de Vel Karen	Shape coexistence in neutron-deficient polonium and lead nuclei	M. Huyse, P. Van Duppen	2003
104	Falepin Annelies	Phase transitions in epitaxially stabilized silicides on Si(111)	A. Vantomme	2003
105	Delauré Bavo	Development of a Penning Trap based Set-up for Precision Tests of the Standard Model	N. Severijns	2004
106	Borremans Dana	Precision moments of the ^{11}Li halo nucleus	G. Neyens	2004
107	Dean Sarah	Beta decay of neutron-deficient rhodium and ruthenium isotopes	M. Huyse, P. Van Duppen	2004
108	Croonenborghs Bart	Magnetic Coupling Mediated by Metastable FeSi	A. Vantomme	2004
109	Vanormelingen Koen	The role of surface structure and deposition energy in the formation of Si-based low-dimensional systems	A. Vantomme	2004
110	Aernout Dominique	Influence of the magnetic properties of the Cr spacer on the interlayer coupling in Fe/Cr trilayers	M. Rots	2004
111	De Witte Hilde	Probing the nuclear structure along the Z=82 closed shell: decay- and laser spectroscopic studies of exotic Pb, Bi and Po nuclei	M. Huyse, P. Van Duppen	2004
112	Facina Marius	A gas catcher for the selective production of radioactive beams through laser ionization	M. Huyse, P. Van Duppen	2004
113	Pipeleers Bert	Defect accumulation in Erbium implanted Gallium Nitride	A. Vantomme	2005
114	Golovko Victor	Isospin Mixing Impurities and Magnetic Moments Close to the N=Z Line	N. Severijns	2005
115	Serdons Inge	Applications of Stroboscopic Detection of Nuclear Forward Scattered Synchrotron Radiation	J. Odeurs	2005

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
116	Kozlov Valentin	WITCH, a Penning trap for weak interaction studies	N. Severijns	2005
117	De Vries Bart	Lattice site location of impurities in group III nitrides using emission channeling	A. Vantomme	2006
118	Gheysen Stijn	Electromagnetically induced transparency for single gamma photons	J. Odeurs	2006
119	Himpe Pieter	Nuclear g-factors of neutron rich $^{31-34}\text{Al}$ and ^{35}Si : probes for changing shell structure	G. Neyens	2006
120	Van de Walle Jarno	Coulomb excitation of neutron rich Zn isotopes	M. Huyse, P. Van Duppen	2006
121	Torumba Doru	Density Functional Theory Studies in Nuclear Condensed Matter Physics: Hyperfine Interactions at Lanthanide Impurities in Fe and the Temperature Dependence of Electric-Field Gradients in Metals	S. Cottenier	2006
122	Vanhoof Veerle	Density Functional Theory Studies for Transition Metals: Small (Fe,Co)-clusters in fcc Ag, and the Spin Density Wave in bcc Chromium	S. Cottenier	2006
123	Kraev Il'Ya	Search for New Physics Beyond the Standard Electroweak Model with Brute Force Low Temperature Nuclear Orientation	N. Severijns	2006
124	Smeets Dries	Nucleation, diffusion and texture during growth of CoNi-silicides	A. Vantomme	2007
125	Yordanov Deyan	From ^{27}Mg to ^{33}Mg : transition to the Island of inversion	G. Neyens	2007
126	Coeck Sam	Search for non Standard Model physics in nuclear β -decay with the WITCH experiment	N. Severijns	2007
127	Ivanov Oleg	Decay of ^{66}Fe studied with a new β - γ -detection set-up at LISOL	M. Huyse, P. Van Duppen	2007
128	Matias Vasco	Defect characterization of Europium implanted Gallium Nitride	A. Vantomme	2008
129	Paredis Kristof	The formation of iron silicide nanostructures on noble metal induced superstructures on Si(111) surfaces	A. Vantomme	2008
130	Laenens Bart	Thin Films of FePt studied via Nuclear Probe techniques	A. Vantomme	2009

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
131	Pauwels Dieter	Nuclear structure around Z=28 and N=40 investigated by the beta decay of Fe, Co and Ni isotopes	M. Huyse, P. Van Duppen	2009
132	Decoster Stefan	Ion implantation in Ge: Structural and electrical investigation of the induced lattice damage & study of the lattice location of implanted impurities	A. Vantomme	2009
133	Vermeulen Nele	Quadrupole moments of isomers produced in projectile-fragmentation reactions	G. Neyens	2009
134	Planckaert Nikie	Nuclear Resonant Scattering of Synchrotron Radiation applied to magnetic systems under extreme conditions	A. Vantomme	2009
135	Wauters Frederik	Search for tensor type weak currents by measuring the β asymmetry parameter in nuclear decays	N. Severijns	2009
136	De Rydt Marieke	A dedicated beta-NMR / beta-NQR setup for LISE-GANIL and study of the nuclear moments of the neutron-rich Al and Cl isotopes	G. Neyens	2010
137	Cocolios Thomas	Single-particle and collective properties around closed shells probed by in-source laser spectroscopy	M. Huyse, P. Van Duppen	2010
138	Büscher Jeroen	Beta-decay study of the halo nuclei ^6He , ^{11}Be and ^{11}Li	M. Huyse, P. Van Duppen	2010
139	Demeulemeester Jelle	Elemental diffusion in ternary silicide growth unraveled by in situ real-time Rutherford backscattering spectrometry and artificial neural network analysis	A. Vantomme	2010
140	Vingerhoets Pieter	Nuclear structure of Cu isotopes studied with collinear laser spectroscopy	G. Neyens	2011
141	Tandeki Michael	Progress at the WITCH Experiment towards Weak Interaction Studies	N. Severijns	2011
142	Simoes de Almeida Francisco	Exchange springs and exchange bias studied with nuclear methods	A. Vantomme	2011
143	Da Costa Pereira Lino	Structure and magnetism of transition-metal implanted dilute magnetic semiconductors	A. Vantomme, K. Temst	2011
144	Fleischmann Claudia	Atomic scale investigation of the oxidation and sulfidation processes of Ge(100) surfaces	A. Vantomme, K. Temst	2011

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
145	Demeter Joost	Exchange bias by ion implantation: from the classical bilayer system to a new induction method	A. Vantomme, K. Temst	2012
146	Van Gorp Simon	Search for physics beyond the Standard Elektroweak Model with the WITCH experiment	N. Severijns	2012
147	Wang Huan	Structural, thermal and superconducting properties of Pb nanoparticles in Si, Al and Cu	A.Vantomme, K. Temst, M. Van Bael	2012
148	Diriken Jan	Probing positive-parity states in ^{67}Ni through one-neutron transfer reactions	M.Huyse, P. Van Duppen	2013
149	Soti Gergelj	Search for a tensor component in the weak interaction Hamiltonian	N. Severijns	2013
150	Skeren Tomas	Ion-induced nanopatterning of metallic surfaces	A. Vantomme, K. Temst, W. Vandervorst	2013
151	Schrauwen Annelore	Nucleation and diffusion during the reaction of ternary silicide systems	A. Vantomme, K. Temst	2013
152	Elseviers Jytte	Probing the semi-magicity of ^{68}Ni via the $^{66}\text{Ni}(t,p)^{68}\text{Ni}$ two-neutron transfer reaction in inverse kinematics	R. Raabe, P. Van Duppen	2014
153	Radulov Deyan	Investigating the nuclear structure of the neutron-rich odd-mass Fe isotopes, in the beta-decay of their parent – Mn	M.Huyse, P. Van Duppen	2014
154	Bree Nick	Shape coexistence in the neutron-deficient mercury isotopes studied through Coulomb excitation	P. Van Duppen, M. Huyse	2014
155	Kesteloot Nele	Deformation and mixing of co-existing shapes in the neutron-deficient polonium isotopes	P. Van Duppen, M. Huyse	2015
156	Papuga Jasna	Structure of potassium isotopes studied with collinear laser spectroscopy	G. Neyens	2015
157	Porobic Tomica	Behavior of many ions in a Penning trap and results of the WITCH experiment	N. Severijns, P. Finlay	2015
158	Ghys Lars	Beta-delayed fission in proton-rich nuclei in the lead region	P. Van Duppen, M. Huyse	2015
159	Budincevic Ivan	Nuclear structure studies of rare francium isotopes using Collinear Resonance Ionization Spectroscopy (CRIS)	G. Neyens	2015

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
160	Garcia Ruiz Ronald	Investigating the possible magicity of N=32,34 in exotic Ca isotopes using laser spectroscopy methods	G. Neyens	2015
161	Van Beveren Céline	Laser-assisted decay and optical spectroscopy studies of neutron-deficient thallium isotopes	P. Van Duppen, M. Huyse	2016
162	Heylen Hanne	Ground state properties near the N = 20 and N = 40 island of inversion	G. Neyens	2016
163	Bisht Manisha	Investigation of the structural, chemical and magnetic state of the metal/oxide interface in composite multiferroics	K. Temst, A. Vantomme	2016
164	Amorim Ligia	Lattice site location of electrical dopant impurities in group-III nitrides	A. Vantomme, K. Temst	2016
165	Renzi Francesca	Study of the unbound nucleus ^7He via $^9\text{Be}(^6\text{He}, ^8\text{Be})$ transfer reaction	R. Raabe	2017
166	Augustyns Valérie	Structure and magnetism of metastable $\gamma\text{-Fe}$ nanoparticles in SrTiO_3	A. Vantomme	2017
167	de Groote Ruben	High resolution collinear resonance ionization spectroscopy of neutron-rich $^{76,77,78}\text{Cu}$ isotopes	G. Neyens	2017
168	Van Stiphout Koen	Metastability in Nickel Silicide and Nickel Germanide Thin Film Reactions	A. Vantomme, K. Temst	2018
169	Hayen Leendert	Spurring the beta spectrum hydra towards the reactor anomaly	N. Severijns	2018
170	Sels Simon	Laser spectroscopy of neutron-deficient mercury isotopes and commissioning of a gas-jet based RFQ ion guide	P. Van Duppen	2018
171	Zadvornaya Alexandra	Characterization of the spectral resolution of the in-gas-jet laser ionization spectroscopy method	P. Van Duppen, M. Huyse	2018
172	Gins Wouter	Development of a dedicated laser-polarization beamline for ISOLDE-CERN	N. Severijns	2019
173	Da Silva Fenta Abel Eduardo	Locally probing adatoms on graphene using perturbed angular correlation spectroscopy	L. Pereira	2019
174	Koss Peter	An atomic magnetic resonance based current source for nEDM	N. Severijns	2019
175	Modarresi Hiwa	Composite multiferroics synthesized by ion implantation in thin films	K. Temst, M. Van Bael, A. Vantomme	2019

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
176	Martinez Palenzuela Yisel	Characterization and optimization of a versatile laser and electron-impact ion source for radioactive ion beam production at ISOLDE and MEDICIS	T.E. Cocolios, P. Van Duppen	2019
177	Perez Daniel	The interplay between phonons and superconductivity in nanoscale Sn superconductors	K. Temst, M. Van Bael, A. Vantomme	2019
178	Koszorus Agi	Collinear resonance ionization spectroscopy of potassium isotopes: crossing N – 32	G. Neyens	2019
179	Farooq-Smith Gregory James	Exploring the magical tenacity of doubly closed-core nuclei with gallium and francium isotopes	T.E. Cocolios	2019
180	Yang Jiecheng	Study of one-neutron halo through (d, p) transfer reactions	R. Raabe	2019
181	Perkowski Maciej	Precision measurements of the electron energy distribution in nuclear beta decays	N. Severijns, K. Bodek	2020
182	Stegemann Simon	Production of mass separated ^{11}C beams for PET-aided hadron therapy	T. Cocolios	2020
183	Verlinde Matthias	Towards the in-gas jet laser ionization spectroscopy of the Th-229 isomer	P. Van Duppen	2021
184	Verstraelen Elise	Laser Spectroscopy of Actinides: Octupole Deformation and Gas-Jet Characterization	P. Van Duppen, R. Ferrer	2021
185	Stryczyk Marek	Shape coexistence in the nickel (Z=28) and mercury (Z=80) regions probed through decay studies	P. Van Duppen	2021
186	Grandos Buitrago Camilo Andres	Hyperfine structure studies of heavy elements by in-gas-laser ionisation and spectroscopy	P. Van Duppen, M. Huyse	2021
187	Araujo Escalona Victoria Isabel	^{32}Ar decay, a search for exotic current contributions in weak interactions: The WISArD experiment	N. Severijns	2021
188	Wursten Elisabeth	A new precise measurement of the neutron electric dipole moment	N. Severijns	2021
189	Kanellakopoulos Anastasios	Evolution of nuclear structure of germanium isotopes around N = 40	G. Neyens	2021
190	Parnefjord Gustafsson Fredrik	The evolution of nuclear moments and charge radii approaching ^{100}Sn	G. Neyens	2021
191	Poleshchuk Oleksii	SpecMAT, the active target for transfer reaction studies and gamma-ray spectroscopy in a strong magnetic field	R. Raabe	2021

	Naam	Titel	Promotor	Jaar
192	Kraemer Sandro	Vacuum-ultraviolet spectroscopy of the radiative decay of the low-energy isomer in ^{229}Th	P. Van Duppen	2022
193	Romans Jekabs	Development and characterization of the S3-Low Energy Branch for laser spectroscopy studies of exotic nuclei	P. Van Duppen	2022
194	Vanlangendonck Simon	The effect of weak magnetism on the shape of the ^{114}In beta energy spectrum	N. Severijns	2023
195	Athanasakis Michail	Laser spectroscopy of radioactive molecules for future searches of new physics	G. Neyens, A. Koszorus	2023
196	De Keukeleere Lennert	A precise spectrum shape measurement of the allowed Gamow-Teller transition $^{114}\text{In} \rightarrow ^{114}\text{Sn}$ using a plastic scintillator and an electron tracker	N. Severijns	2024
197	Claessens Arno	Laser ionization spectroscopy of ^{254}No and ^{229}Th in hypersonic gas jets	P. Van Duppen, R. Ferrer	2024
198	Hurier Sophie	High intensity surface ion source towards long-term irradiations for ISOL@MYRRHA	T. Cocolios	2024
199	Johnson Jake	Isotope Separation of Ac-225 and Ra-225 for Medical Purposes	T. Cocolios	2024
200	Demol Pepijn	Ab initio description of singly open-shell nuclei via Bogoliubov coupled-cluster theory	R. Raabe	2024
201	Fracassetti Stefano	Study of the ISGMR in Kr Isotopes with CAT-M Active Target	R. Raabe	2024

EINDNOTEN

Inleiding

- 1 Radium (Ra) is het 88ste element van de tabel van Mendelejev, uranium (U) het 92^{ste}.

Hoofdstuk 1. De eerste radioactieve ertsen in België en een Franstalige start in Leuven

- 1 Dit hoofdstuk steunt sterk op Geert Vanpaemel, 'De Natuurkunde' in *Geschiedenis van de wetenschappen in België (1815–2000)* (Brussel: Dexia/La Renaissance du livre, 2001, vol. 1), 140–143; Pierre Marage, 'De kernfysica en de deeltjesfysica' in *Geschiedenis van de wetenschappen in België (1815–2000)* (Brussel: Dexia/La Renaissance du livre, 2001, vol. 2), 85–108 en Geert Vanpaemel, *Wetenschap als roeping: Een geschiedenis van de Leuvense faculteit voor Wetenschappen* (Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2017), 121–134.
- 2 Voor zover mogelijk zijn geboortjaar en eventueel sterfjaar bij de meeste personen in dit boek vermeld.
- 3 René Brion en Jean-Louis Moreau, *Van mijnbouw tot Mars, de ontstaansgeschiedenis van Umicore* (Tielt: Lannoo, 2006), 171–186.
- 4 Omgerekend naar het huidig equivalent in euro wordt dat 957 euro per milligram.
- 5 De Universitaire Stichting werd in 1920 opgericht door toedoen van Emile Francqui en de Amerikaanse president Herbert Hoover en beoogt bij te dragen tot de bevordering van de wetenschap, het universitair onderzoek en onderwijs in België.
- 6 Joris Vandendriessche, *Zorg en wetenschap: een geschiedenis van de Leuvense academische ziekenhuizen in de twintigste eeuw* (Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2019), 25–30 en 57–62.
- 7 Joris Vandendriessche, *De grootste bom ter wereld*, <https://cultuurgeschiedenis.be/de-grootste-bom-ter-wereld/> (22 februari, 2017).
- 8 Albert Bruylants, *In Memoriam Walter Mund* (Leuven: Publications Universitaires de Louvain - Leuvense Universitaire Uitgave, 1956), 8–30 en Paul Balduck, *Walter Mund (1892–1956)* Galerij van de Belgische Scheikundigen KVCV Sectie Historiek (2009).
- 9 Pierre Macq, *Exposé à l'occasion de la célébration du centenaire de la naissance de Marc de Hemptinne*, Dehemptinne.net Magazines, (22 november 2002).
- 10 Alexandre de Hemptinne, *Histoire de l'Elektrion*, Archief de Hemptinne Alexandre, KADOC.
- 11 Het eerste artikel van A. Van Itterbeek met vermelding van het Leuvense laboratorium verschijnt op 18 januari 1936 in het vaktijdschrift *Nature*; Vol. 139, 109.
- 12 Augustin Van Itterbeek, 'Het Laboratorium voor Lage Temperaturen', *Onze Alma Mater*, (1949): 21–23.

- 13 James Chadwick won in 1935 de Nobelprijs voor de ontdekking van het neutron.
- 14 Lise Meitner, de eerste vrouwelijke *Honorary professor* in Duitsland, werkte samen met Otto Hahn, maar vluchtte als Joodse uit nazi-Duitsland naar Zweden. Ze deelde niet mee in de Nobelprijs die Otto Hahn kreeg in 1944. De belangrijkste Europese prijs in de kernfysica wordt nu naar haar genoemd.
- 15 Het gele natriumuraanaat ('Yellow cake' genaamd), een uraniumoxide, werd tot dan toe gebruikt als kleurstof in de glas- en aardewerkbedrijven.
- 16 René Brion en Jean-Louis Moreau, *Van mijnbouw tot Mars, de ontstaansgeschiedenis van Umicore* (Tielt: Lannoo, 2006), 226–252.
- 17 Het Manhattan Project is de naam van het team binnen het Amerikaanse leger dat de atoombom bouwde en stond onder leiding van majoor-generaal Leslie Groves. J. Robert Oppenheimer was de directeur van het Los Alamos-laboratorium, waar de atoombommen ontworpen en getest werden.
- 18 Geert Vanpaemel, *Op weg naar een duurzame toekomst. Het studiecentrum voor Kernenergie in Mol (1952–2022)* (Leuven: Acco, 2022), 22–58.
- 19 Een overzicht van de IIKW-financiering in de periode 1947–1960 is te vinden in Annex II Raad Van Bestuur IIKW, (1960) KU Leuven Universiteitsarchief Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 20 De belangrijkste wetenschappelijke prijs in België jaarlijks uitgereikt door de Francqui-Stichting.
- 21 Pierre Buch en Jacques Vanderlinden, *L'uranium, la Belgique et les puissances: Marché de dupes ou chef d'œuvre diplomatique?* (Wezemaal, De Boeck, 1995), 76–78.
- 22 Natuurlijk uranium bestaat slechts uit 0,7% van het cruciale ²³⁵U; voor kernenergietoepassingen moet dit percentage opgedreven worden tot 3 à 5%. Voor kernwapens is minstens 20% nodig.
- 23 Pierre Buch en Jacques Vanderlinden, *L'uranium, la Belgique et les puissances: Marché de dupes ou chef d'œuvre diplomatique?* (Wezemaal, De Boeck, 1995), 93.
- 24 Pierre Buch en Jacques Vanderlinden, *L'uranium, la Belgique et les puissances: Marché de dupes ou chef d'œuvre diplomatique?* (Wezemaal, De Boeck, 1995), 103–104.
- 25 Peter Galison en Bruce Hevly (red.), *Big Science. The Growth of Large-Scale Research* (Stanford University Press 1992); Hein Brookhuis, *The Politics of Big Science in a Small country, The Moral Economy of the Belgian Nuclear Research Centre 1980–2020* (Leuven: Thesis for the degree of doctor in history, 2024).
- 26 Conseil de Cabinet du 8 janvier 1954, Procès-verbal N° 119, Rijksarchief.
- 27 Luc Barbé, *België en de bom* (www.lucbarbe.be, 2012), 13–34.
- 28 Annex II Raad Van Bestuur IIKW, (1960) KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 29 Annex II Raad Van Bestuur IIKW, (1960) KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 30 Pierre Buch en Jacques Vanderlinden, *L'uranium, la Belgique et les puissances: Marché de dupes ou chef d'œuvre diplomatique?* (Wezemaal, De Boeck, 1995), 112–113.
- 31 Pierre Macq, *Regards sur le passé. 25^{ème} anniversaire de CYCLONE* (oktober 1997), IKS Archief.
- 32 Guy Tavernier realiseert in 1954 de eerste nucleaire kettingreactie in België en is sterk betrokken bij de bouw van de kernreactoren in Mol.
- 33 De priester L. Gillon werd in 1954 rector van de Lovanium Universiteit in Congo en bouwt er in 1959 de eerste kernreactor op het Afrikaanse continent.
- 34 Elektrische spanning wordt uitgedrukt in volt (kV = 1000 V, MV = 1.000.000 V; de verkorte wetenschappelijk schrijfwijze is 10³ V en, 10⁶ V respectievelijk).
- 35 Jozef De Smedt, 'Het Natuurkundig Instituut' *Onze Alma Mater*, (1949): 18–20.
- 36 Brief van Union Minière aan H. Van Waeyenbergh (16/06/1947); KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.

- 37 Brief M. de Hemptinne aan H. Van Waeyenbergh; (19/7/1947); KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 38 Brief A. Van Iterbeek aan H. Van Waeyenbergh (3/11/1947); KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 39 Brief H. Van Waeyenbergh aan A. Van Iterbeek (12/11/1947); KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 40 Energie wordt uitgedrukt in elektronvolt (1 eV is de energie die een elektron krijgt in een versnelspanning van 1 V, keV = 10^3 eV, MeV = 10^6 eV, GeV = 10^9 eV; 'k' van 'kilo', 'M' van 'mega' en 'G' van 'giga').
- 41 Brief H. Van Waeyenbergh aan M. de Hemptinne (15/05/1950); KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 42 In het Engels Nuclear Magnetic Resonance afgekort tot NMR. In de medische wereld wordt deze techniek veel gebruikt voor beeldvorming; daar heet die Magnetic Resonance Imaging (MRI) waarbij de term 'Nuclear' werd weggelaten vanwege de onterechte associatie met radioactieve straling.
- 43 'Pierre Macq recteur de l'UCL de 1986 à 1995', YouTube.
- 44 Pierre Macq, 'Marc de Hemptinne', academieroyale.be/Academie/documents/MarcdeHemptinne9135.pdf (2005) 25-37
- 45 *Dix ans d'activité des laboratoires de physique et chimie nucléaires et moléculaires d'Héverlé, 1950–1960*, KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 46 Koolstofdatering is gebaseerd op het opmeten van de hoeveelheid radioactief koolstof-14 in organisch materiaal. Koolstof-14 wordt gecreëerd in de dampkring door kosmische straling.
- 47 Conseil de Cabinet du 8 janvier 1954, Procès-verbal N° 119, Rijksarchief.
- 48 George B. Collins, *A Study of Les Centres de Recherches de Physique Nucléaire de Belgique* (1959), KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 49 Brief M. de Hemptinne aan H. Van Waeyenbergh (18/12/1957); KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 50 *De kernenergie in België: Overzicht der activiteiten gedurende de periode 1960–1962*; Ministerie van Economische Zaken en Energie, Commissariaat voor Atoomenergie, Bijlage 1.
- 51 'Suggestions relatives à une révision éventuelle des programmes d'activité de l'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires' (21/10/1960); KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Honoré van Waeyenbergh.
- 52 Bij de middenenergieën bestudeert men hoe de atoomkern bij een botsing in verschillende brokstukken uiteenvalt met eerder de bedoeling om te begrijpen hoe de atoomkern bijeengehouden wordt en niet zozeer om de brokstukken zelf te onderzoeken. Dus eerder kernfysica dan deeltjesfysica. Tegenwoordig spreekt men niet meer van middenenergie.
- 53 Een fotografische techniek om de sporen van geladen deeltjes in een detectorplaat te visualiseren.
- 54 De kernenergie in België: Overzicht der activiteiten gedurende de periode 1963–1967'; Ministerie van Economische Zaken en Energie; Commissariaat voor Atoomenergie, (1968), 12–13.
- 55 Professor Marcel Demeur was het hoofd van de theoretische kernfysica afdeling aan de ULB.
- 56 *Proposition pour la création d'un laboratoire national de structure nucléaire*' (juni 1964); KU Leuven Universiteitsarchief; Archief rector Albert Descamps.
- 57 Edouard Massaux was prorector van de Franse sectie, Pieter De Somer was zijn tegenhanger aan Vlaamse kant.
- 58 Paul Capron was de wetenschappelijke raadgever van de Franse sectie, Pieter De Somer was zijn tegenhanger aan Vlaamse kant vooraleer hij prorector werd.
- 59 Pierre Macq, *Regards sur le passé. 25^{em} anniversaire de CYCLONE* (oktober 1997), IKS Archief.
- 60 Ibid.
- 61 Zie Annex 1.

- 62 De prijs voor het cyclotron bedroeg 100 miljoen Belgische frank, de prijs van het gebouw werd geschat op 83.000 Belgische frank.
- 63 Pierre Macq, *Regards sur le passé. 25^{em} anniversaire de CYCLONE* (oktober 1997), IKS Archief.
- 64 Notulen van de raad van bestuur van het IKW Nr. 633 (4/12/1970), FWO-archief.
- 65 De '110' in CYCLONE110 slaat op het feit dat het cyclotron protonen kan versnellen tot 110 MeV.
- 66 Jan Govaerts, 'L'homme et le scientifique passionné', in *Pierre Macq et son université*, ed. Marcel Crochet (Louvain-la-Neuve: Academia-L'Harmattan, 2017), 252–253.
- 67 Yves Jongen zal later de firma Ion Beam Applications (IBA) uitbouwen rond versnellers voor medische toepassingen, de eerste en een van de succesrijkste spin-offs van de UCLouvain.

Hoofdstuk 2. Een 'Disneyland voor fysici': de intrede van een gloednieuw instituut

- 1 Paul Mariens, 'Geschiedenis van het Instituut voor Kern- en Stralingsfysica,' *Kalidowina*, (11/1968), IKS Archief.
- 2 Augustin Van Itterbeek en Paul Mariens, 'Determination of the Relaxation Time for the Vibrational Energy of Carbon Dioxide,' *Nature* 140, (1937): 850.
- 3 'Curriculum Vitae' opgesteld door Paul Mariens in 1975, IKS Archief.
- 4 Telefoongesprek (4 april 2023) en interview (19 september 2023) van Mark Huyse met Patrick Gepts.
- 5 Paul Mariens, 'In Memoriam Prof. Augustinus Van Itterbeek', *Jaarboek 1968*, Brussel: KVAB, p. 336–337.
- 6 Frans Cerulus, 'People, places, periods in my life as a theoretical physicist' (4/10/2017), Instituut voor Theoretische Fysica.
- 7 Een lijst van alle doctoraten is te vinden in Annex 2.
- 8 Brief van P. Macq aan P. Mariens (28/9/1965) met aangehecht het verslag van de vergadering van 27/9/1965, IKS Archief.
- 9 Institut de Physique Nucléaire – Heverlee (1965), KU Leuven Universiteitsarchief; Archief A. Descamps.
- 10 Een hyperfijntechniek gebaseerd op theoretisch werk van Donald R. Hamilton in 1940, het eerste experiment dateert van 1947 (Edward Brady en Martin Deutsch).
- 11 Rudolf Mössbauer ontdekte dit fysisch fenomeen in 1958.
- 12 Zie Annex 1.
- 13 'Vragenlijst van Nationale Raad voor Wetenschapsbeleid', ingevuld door Paul Mariens (27/5/1966), IKS Archief.
- 14 Brief van F. Cerulus aan P. Mariens rond het complex Natuurkunde (28/06/1965), IKS Archief en gesprek van M. Huyse met F. Cerulus op 21 januari 2022.
- 15 Frans Cerulus, 'People, places, periods in my life as a theoretical physicist' (4/10/2017), Instituut voor Theoretische Fysica.
- 16 Louis Vos, 'Structuren,' in *De stad op de berg*, Jo Tollebeek en Liesbet Nys (Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2005), 50–56.
- 17 Brief P. De Somer aan P. Mariens rond het nieuwe complex fysica (7/03/1967), IKS Archief.
- 18 Augustin Van Itterbeek, 'De Structurele en Wetenschappelijke planning van de nieuwbouw' (20/11/1967), IKS Archief.
- 19 Paul Mariens, 'Strukturele en wetenschappelijke planning van het Instituut voor Kern- en Stralingsfysika' (10/01/1968), IKS Archief.

- 20 Door ingeplante kernen extreem te koelen via het mengen van helium-3 met helium-4, worden de spins van de kernen opgelijnd in het veld van een magneet; de uitgestuurde straling van de gepolariseerde kernen is niet meer isotroop maar gepolariseerd.
- 21 België was een van de vijf kandidaat-landen om die versneller te huisvesten, maar uiteindelijk werd beslist de verdere ontwikkeling van de deeltjesfysica in CERN te concentreren.
- 22 De subatomaire fysica is een verzamelnaam voor kernfysica en deeltjesfysica.
- 23 Ontwerpen van Charles & Ray Eames. De meubels zijn nu nog altijd in goede staat. Het verhaal doet de ronde dat Mariens zich liet informeren door zijn schoonbroer Raymond Lemaire, bekend voor zijn restauratie van het Groot Begijnhof van Leuven.
- 24 Inhuldiging van het Departement Natuurkunde in *Academische Tijdingen* (10/3/1972).
- 25 Jos De Raedt was in 1961–62 de eerste, wat hem moeilijkheden met Van Itterbeek bezorgde (interview op 13/11/2023).
- 26 Brief P. Mariens aan het bestuur van Wina (13/11/1967), IKS-archief.
- 27 Hiermee verviel de nood voor complementariteit in de onderzoeksaanvragen van de kernfysici in Leuven en Louvain-la-Neuve. De budgetten van de twee secties waren gescheiden.
- 28 Notulen van de raad van beheer van het IIKW, nr. 629 (28/04/1970), FWO-archief.
- 29 Notulen van de raad van beheer van het IIKW, nr. 603 (10/01/1969), FWO-archief.
- 30 Brief van L. Van Gerven aan P. De Somer (1/01/1969), Universiteitsarchief KU Leuven; Archief rector Albert Descamps.
- 31 Brief van het FKFO naar L. Van Gerven (24/12/1969), Universiteitsarchief KU Leuven; Archief rector Albert Descamps.
- 32 Brief van L. Van Gerven aan rector P. De Somer (24/12/1969), Universiteitsarchief KU Leuven; Archief rector Albert Descamps.
- 33 Nota van L. Van Gerven aan J. Van Der Perre ter advisering P. De Somer (1971), Universiteitsarchief KU Leuven; Archief rector Albert Descamps.
- 34 De DIRV-actie staat voor Derde Industriële Revolutie Vlaanderen en werd in 1982 opgezet door minister-president Gaston Geens.
- 35 Interuniversitair Micro-Elektronica Centrum, opgericht op de Leuvense wetenschapscampus door professor Roger Van Overstraeten.

Hoofdstuk 3. Het wetenschappelijk programma krijgt vorm (1970–1985)

- 1 ‘Langlevend’ betekent hier halfwaardetijden van verschillende dagen, lang genoeg om na het vervoer van de productieplaats en de inplanting met LIS nog voldoende signaal te geven.
- 2 Tellurium (Te) is het tweeënvijftigste element in de tabel van Mendelejev.
- 3 Tin (Sn) is het vijftigste element in de tabel van Mendelejev.
- 4 Piet Van Duppen et al., ‘Observation of Low-Lying $J^\pi = 0^+$ States in the Single-Closed-Shell Nuclei $^{192-198}\text{Pb}$ ’, *Physical Review Letters* 52 (May 1984), 1974–1977.
- 5 Els Coenen et al., ‘ α Decay of Neutron-Deficient Odd Bi Nuclei: Shell-Model Intruder States in Tl and Bi Isotopes’, *Physical Review Letters* 54, (February 1985): 1783–1786.
- 6 Het artikel ‘Coexistence in even-mass nuclei’ van J. Wood, K. Heyde, W. Nazarewicz, M. Huyse en P. Van Duppen uit 1992 verschenen in *Physics Reports* bereikt in 2024 698 citaten en wordt, 33 jaar later, nog altijd geciteerd.
- 7 Dirk Vandeplassche et al., ‘On-Line Nuclear-Orientation Studies of Spins and Magnetic Moments of Neutron-Deficient Indium Isotopes’, *Physical Review Letters* 49, (August 1982): 1390–1393.
- 8 De temperatuur wordt hier in kelvin (K) gegeven; deze temperatuurschaal start bij het absolute nulpunt: 0 K = -273,15 °C, 4 K is dus -269,15 °C.
- 9 Alfastraling wordt al tegengehouden door enkele millimeter materiaal, dus moeten detectoren binnen het vacuüm geplaatst worden.

- 10 Het 'Standaardmodel' van de deeltjesfysica beschrijft de interactie tussen de kleinste deeltjes onder invloed van drie van de vier natuurkrachten: de sterke kernkracht, de zwakke kernkracht en de elektromagnetische kracht. De laatste twee krachten kunnen geünificeerd beschreven worden in de elektrozwakke interactie.
- 11 Nathal Severijns et al., 'Limits on right-handed charged weak currents from a polarization-asymmetry correlation experiment with ^{107}In ', *Physical Review Letters* 70, (January 1993): 4047–4050.
- 12 In 1968 nam R. Van Overstraeten ook deel aan de besprekingen van het Wetenschappelijk Comité voor het Complex Natuurkunde met een project getiteld 'Fysica en elektronica van de halfgeleiders'.
- 13 *Rutherford Backscattering Spectrometry* (RBS) in het Engels.
- 14 De energie van de versnelde bundel schaalte met de ladingstoestand: hoe hoger de ladingstoestand hoe hoger de energie.
- 15 Werkdocument over de beleidsstructuur van het IKS uitgewerkt door Paul Mariens (26/3/1980), IKS Archief.
- 16 De laatste Raad Vast AWP vond plaats op 14/10/1981. Op 10/03/1982 startte de zogenaamde Seniorenvergadering. Op 20/09/1988 werd dat de Stafvergadering.
- 17 Een beslissing kan verworpen worden indien twee derde van de leden van de Raad zich verzet met een veto; de wetenschappelijke coördinator heeft een vetorecht op wetenschappelijke voorstellen gedaan door andere leden van de Raad.

Hoofdstuk 4. Donderwolven dienen zich aan (1985–1995)

- 1 ^{13}N is een radioactief isotoop van stikstof met een halveringstijd van 10 minuten.
- 2 William A. Fowler, 'Experimental and theoretical nuclear astrophysics; the quest for the origin of elements', *Nobel lecture* (8/12/1983).
- 3 Momenteel heeft IBA ongeveer tweeduizend medewerkers in dienst, verspreid over een veertigtal landen in de vijf continenten.
- 4 Patrick Decrock et al., *Physical Review Letters* 67, (August 1991): 808–811.
- 5 Naast een uitgebreid reeks teksten, tekeningen, foto's werd er ook een film van 24 minuten gemaakt, ingesproken in het Frans, Nederlands en Engels.
- 6 Claus Rolfs en William Rodney, *Cauldrons in the Cosmos* (Chicago: University of Chicago Press, 1988).
- 7 Veel halokernen zijn er niet, ze bestaan uit een kern met daarrond nog een halo van nucleonen. Zo bestaat ^6He uit een ^4He -kern met daarrond twee neutronen.
- 8 Jean Vervier, 'Le Centre de recherches du cyclotron de l'UCL à Louvain-la-Neuve', in *Histoire du Nucléaire en Belgique, 1990–2005*, Marcel Maris, André Jaumotte en Pierre Govaerts (Brussel: P.I.E Peter Lang 2007), 79–86.
- 9 Mark Huyse en Riccardo Raabe 'Radioactive ion beam physics at the cyclotron research center Louvain-la-Neuve', *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics* 38, (2011): 024001.
- 10 Isomere toestanden zijn langlevende geëxciteerde toestanden. De meeste geëxciteerde toestanden in een atoomkern vervallen binnen de 10^{-12} seconden, maar isomere toestanden hebben levensduren die meer dan 1000 maal langer zijn. Sommige isomeren hebben levensduren in de orde van seconden, minuten, jaren, zelfs eeuwen.
- 11 Lasers produceren elektromagnetische straling van het ver-infrarood tot het ver-ultraviolet (golflengtes tussen 150 en 11000 nm). *Lasing* van hoogenergetische gammastraling is nog niet mogelijk.
- 12 Mededeling aan de afdelingsvergadering' (16/10/1987), IKS Archief.
- 13 Helium of argon.
- 14 Liesbet Nys, *De kracht van wetenschap: Een geschiedenis van het onderzoeksbeleid aan de KU Leuven* (Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2018), 39–45.
- 15 Dirk Draulans, 'Instituut in likwidatie', *Knack*, 18 december 1991.

- 16 Guido Langouche, 'Het KUL-Instituut Kernfysica gaat dicht', *Het Laatste Nieuws*, 11 december 1991.
- 17 Het verhaal doet de ronde dat koning Boudewijn zelf ingegrepen zou hebben.
- 18 Tabel gebaseerd op de nota opgemaakt door Guido Langouche voor de Universitaire Overheid, 18/12/1991, IKS Archief.
- 19 Het Fonds Wetenschappelijk Onderzoek – Vlaanderen (FWO) is samen met het Fonds de la Recherche Scientifique-FNRS (F.R.S.-FNRS) en het Federaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (F.F.W.O./F.F.R.S.) de rechtsopvolger ten algemene titel van het vroegere Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (N.F.W.O./F.N.R.S.).
- 20 Liesbet Nys, *De kracht van wetenschap: Een geschiedenis van het onderzoeksbeleid aan de KU Leuven* (Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2018), 61–67.
- 21 De impactfactor van een tijdschrift wordt berekend op het jaarlijks gemiddeld aantal citaten van de artikels gepubliceerd in de laatste twee jaar.
- 22 Peter Fleming, *Dark Academia. How Universities Die* (London: Pluto Press, 2021).
- 23 Verantwoord gebruik van metrics – KU Leuven' <https://www.kuleuven.be/open-science/nl/wat-is-open-science/rewards-and-incentives/verantwoord-gebruik-metrics-ku-leuven> (2023).

Hoofdstuk 5. De horizon verbreedt: internationalisering op volle snelheid

- 1 https://nupecc.org/pub/long_range_plan_1991.pdf
- 2 https://nupecc.org/pub/radioactive_nuclear_beam_facilities_2000.pdf
- 3 'Beheersovereenkomst FWO-Vlaanderen 2002–2007' (28/5/2004).
- 4 'Brief subatomaire fysici aan de Vlaamse rectoren' (14/10/2003), IKS Archief.
- 5 'VRWB Advies 95 over internationale deelname' (8/12/2005).
- 6 'VRWB Advies 106 Vlaamse deelname aan grote internationale onderzoeksinfrastructuur' (28/9/2006).
- 7 Een ionenval, *ion trap* in het Engels, kan een ion of een groep ionen voor een lange tijd op dezelfde plaats houden door gebruik te maken van elektromagnetische velden.
- 8 Mangaan (Mn), ijzer (Fe) en kobalt (Co) zijn respectievelijk het 25ste, 26ste en 27ste element van de tabel van Mendelejev.
- 9 Piet Van Duppen en Karsten Riisager, 'Physics with REX-ISOLDE, from experiment to facility', *Journal of Physics G* 38, (2011): 0240005.
- 10 De Large Hadron Collider is werelds krachtigste deeltjesversneller, gebouwd door CERN.
- 11 'Memorandum of Understanding for the upgrade of REX-ISOLDE' (6/2004), IKS Archief.
- 12 De andere zijn LHC Experiments Committee (LHCC) voor experimenten op LHC en SPS and PS Experiments Committee (SPSC) voor experimenten op de SPS- en PS-versnellers.
- 13 'Nuclear Physics and Astrophysics at CERN and beyond 2005' (24/11/2005), CERN Document Server, CERN-INTC-2005-035; INTC-M-013.
- 14 'HIE-ISOLDE: the technical options' (20/11/2006), CERN Document Server, CERN-2006-013/HIE-ISOLDE-PROJECT-Note-0001.
- 15 'HIE-ISOLDE: the scientific opportunities' (22/11/2007), CERN Document Server, CERN-2007-008/HIE-ISOLDE-PROJECT-Note-0002.
- 16 Brief van R. Bouillon, Coördinator Onderzoeksbeleid, aan P. Van Duppen (8/6/2005), IKS Archief.
- 17 Magische' kernen hebben als gevolg van de schillenstructuur een extra stabiliteit, omdat het aantal protonen of het aantal neutronen gelijk is aan 2, 8, 20, 28, 50, 82 of 126. Dubbelmagisch tin-100 (¹⁰⁰Sn) heeft 50 protonen en 50 neutronen. In de atoomfysica komt dit ook voor; daar spreekt men van 'edel'gassen.
- 18 Lood (Pb) is het 82^{de} element in de tabel van Mendelejev.

- 19 Andrei. Andreyev et al., 'A triplet of differently shaped spin-zero states in the atomic nucleus ^{186}Pb ', *Nature* 405, (2000): 430.
- 20 Dit soort kernreacties wordt fragmentatiereacties genoemd. Aan het cyclotron van Louvain-la-Neuve gebruikt de LMR-groep fusiereacties waarbij de versnelde kern samensmelt met een kern in de trefschijf.
- 21 Volledig volume gewijd aan de wetenschappelijke carrière van R. Coussement, *Hyperfine Interactions* (2001), 135.
- 22 Obituary, 'In Memoriam Romain Coussement (1935–2012)', *Hyperfine Interactions* (2013), 220: 7–10.
- 23 Een neutron, gebonden in een atoomkern, vervalt op zich niet. Het volledige atoom kan wel radioactief zijn.

Hoofdstuk 6. Samenwerken en verruimen

- 1 Liesbet Nys, *De kracht van wetenschap: Een geschiedenis van het onderzoeksbeleid aan de KU Leuven* (Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2018), 17–23.
- 2 De radioactieve en stabiele ionen die met behulp van de LIS-separator ingeplant worden met een energie rond de 50–100 keV in het te onderzoeken materiaal verstoren tot vrij diep de aanwezige kristalstructuur. Het komt erop aan om na de separatie de energierijke ionenbundels te vertragen tot energieën van slechts enkele elektronvolt, zodat de ionen zacht landen op het oppervlak van het substraat zonder de kristallijne structuur te verstoren.
- 3 De Groep Wetenschap en Technologie (W&T) is een van de drie wetenschapsgroepen aan de KU Leuven en bestaat momenteel uit vijf faculteiten, veertien departementen en is aanwezig op negen campussen. Naast de Groep W&T zijn er nog de Groep Humane Wetenschappen en de Groep Biomedische Wetenschappen.
- 4 'The use of basic science', C.H. Llewellyn Smith (12/06/1997), CERN – <https://public-archive.web.cern.ch/en/About/BasicScience1-en.html>.
- 5 De Amerikaan Vannevar Bush ligt aan de oorsprong van deze zienswijze. Hij pleitte onder andere in zijn boek *Science, The Endless Frontier* voor de oprichting van de National Science Foundation (NSF), een onafhankelijk agentschap dat niet-medisch fundamenteel wetenschappelijk onderzoek ondersteunt en coördineert.
- 6 'The impact of CERN', <https://home.cern/sites/default/files/2018-07/CERN-Brochure-2016-005-Eng.pdf>
- 7 'Beleidsplan 2006–2010 Departement Natuurkunde en Sterrenkunde' (14/2/2006), IKS Archief.
- 8 Liesbet Nys, *De kracht van wetenschap: Een geschiedenis van het onderzoeksbeleid aan de KU Leuven* (Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2018), 69–75.
- 9 'IKS Report for the Review Committee Nuclear Physics' (4/6/2007), IKS Archief.
- 10 MYRRHA staat voor **M**ulti-purpose **H**Ybrid **R**esearch **R**eactor for High-tech **A**pplications, het SCK.CEN-project voor een versneller-aangedreven onderzoeksreactor. De eerste plannen ontstonden in 1998.
- 11 Hadrontherapie is gebaseerd op het gebruik van protonen of zwaardere ionen (zoals koolstofionen) voor de behandeling van kankers. De bedoeling van het project was om de hadrontherapie in België te concentreren in één faciliteit vanwege de grote kosten. Het project is uiteindelijk beperkt geworden tot protontherapie. In de zomer 2020 werden de eerste patiënten behandeld in het inter-universitaire Particle Therapy Interuniversity Center Leuven.
- 12 'Final report of the Review Committee Nuclear Physics' (28/6/2007); IKS Archief.
- 13 'Raamakkoord SCK.CEN – KU Leuven' (13/1/2009); IKS Archief.
- 14 Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, een aan de Franse overheid gelieerde instelling voor onderzoek naar nucleaire technologieën en hun toepassingen.

Hoofdstuk 7. Onderwijs en dienstverlening

- 1 Na de Master of Medical Physics biedt de nieuwe Engelstalige opleiding Postgraduate Certificate: Medical Physics een verdere vervolmaking met een praktijkgerichte specialisatie in de radiologie, nucleaire geneeskunde of radiotherapie. Na het volgen van de opleiding wordt het certificaat uitgereikt van deskundige bij het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle in de stralingsfysica. Daarmee kan men als medisch stralingsfysicus aan de slag in ziekenhuizen en gespecialiseerde centra.
- 2 EnergyVille is een samenwerking tussen de Vlaamse onderzoekspartners KU Leuven, VITO, IMEC en UHasselt voor onderzoek naar duurzame energie en intelligente energiesystemen.
- 3 De volumes werden uitgegeven door Springer, Berlin Heidelberg in de reeks 'Lecture Notes in Physics'.
- 4 Brief P. De Somer aan M. Freson (22/10/1968), Universiteitsarchief.
- 5 International Conference on the Applications of the Mössbauer-effect (16–20/09/1985); International Conference on Radioactive Nuclear Beams (19–21/08/1991); International Conference on Hyperfine Interactions (28/08–2/09/1995); International Conference on Advances in Radioactive Isotope Science (29/05–3/06/2011); International conference on Ion Beam Modifications of Materials (14–19/09/2014); International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (3–8/07/2016).
- 6 Raf Dekeyser, Carl Vandenghoer, Geert Vanpaemel, 'De Tentoonstelling Van Appel tot Atoom; Natuurkunde na Newton', *Onze Alma Mater*, (1988) 1: 75–91.
- 7 De Derde Industriële Revolutie Vlaanderen, een grootschalige promotieactie gestart in 1982 en geïnitieerd door de Vlaamse executieve.
- 8 De eerste Vlaamse Wetenschapsweek vond plaats van 24/10 t.e.m. 28/10/1994. In de beginjaren werd de week om de twee jaar georganiseerd.
- 9 Financiering van de Vlaamse overheid voor digitalisering van het hoger onderwijs.
- 10 De details van de Big Bang Route zijn te vinden op https://www.bigbangroute.be/pages/nl_BE/start.
- 11 Sandro Kraemer et al., 'Observation of the radiative decay of the ^{229}Th nuclear clock isomer', *Nature* 617, (25 May 2023): 706–710.

Hoofdstuk 8. De recentste ontwikkelingen en een blik in de toekomst

- 1 Actinium (Ac) is het 89ste element in de tabel van Mendelejev.
- 2 Net zoals bij straaljagers of raketten kan de uitlaat van een gascel zodanig gevormd worden dat het gas, gekoeld door de expansie, een lange, uniforme straal of jet vormt.
- 3 Vanwege het refractaire karakter van het desbetreffende element of vanwege de zeer korte levensduur van de te onderzoeken kern.
- 4 Rafael Ferrer et al., 'Towards high-resolution laser ionization spectroscopy of the heaviest elements in supersonic gas jet expansion', *Nature communications*, (2017): 10.1038/ncomms14520.
- 5 Het Odysseus Project biedt uitstekende onderzoekers die buiten België een carrière hebben opgebouwd, een startfinanciering aan om gedurende vijf jaar aan een Vlaamse universiteit een onderzoeksgroep uit te bouwen of om een onderzoekslijn op te zetten.
- 6 Thorium is het 90ste element van de tabel van Mendelejev.
- 7 Sandro Kraemer et al., 'Observation of the radiative decay of the ^{229}Th nuclear clock isomer.' *Nature* 617, (25 May 2023): 706–710.

Hoofdstuk 9. Conclusie

- 1 Rafael Ferrer et al., 'Towards high-resolution laser ionization spectroscopy of the heaviest elements in supersonic gas jet expansion', *Nature communications*, (2017): 10.1038/ncomms14520.
- 2 Ronald Fernando Garcia Ruiz et al., 'Unexpected large charge radii of neutron-rich calcium isotopes', *Nature physics* 12, (June 2016): 594.
- 3 Andrei. Andreyev et al., 'A triplet of differently shaped spin-zero states in the atomic nucleus ^{186}Pb ', *Nature* 405, (2000): 430.
- 4 Patrick Decrock et al., 'Determination of the $^{13}\text{N}(\text{p},\gamma)^{14}\text{O}$ reaction cross section using a ^{13}N radioactive beam', *Physical Review Letters* 67, (August 1991): 808–811.
- 5 Nathal Severijns, Marcus Beck en Oscar Naviliat-Cuncic, 'Test of the standard electroweak model in nuclear beta decay', *Reviews of Modern Physics* 78, (2006): 991–1040.
- 6 Ulrich Wahl et al., 'Direct evidence for tetrahedral interstitial Er in Si', *Physical Review Letters* 79, (1997): 2069–2072.

AFKORTINGEN

ACEC	Ateliers de Constructions Électriques de Charleroi
AP	Academisch Personeel
ARENAS ³	Acceleration of Radioactive Elements for Nuclear, Astrophysical and Solid-State Studies; een project dat niet werd gerealiseerd
ATP	Administratief en Technisch Personeel
AWP	Academisch en Wetenschappelijk Personeel
BELSP0	Belgian Science Policy Office, de Programmatorische Federale Overheidsdienst Wetenschapsbeleid
BILHE	Belgisch Interuniversitair Laboratorium voor Hoge Energieën
CERN	Centre Européen pour la Recherche Nucléaire, Genève, Zwitserland
COLLAPS	Collinear Laser Spectroscopy
CPNL	Centre de Physique Nucléaire de Louvain
CRC	Eerst Centre de recherches du cyclotron, later Centre de Ressources du Cyclotron
CRIS	Collinear Resonant Ionization Spectroscopy, een laseropstelling op ISOLDE
CYCLONE110	Cyclotron in Louvain-la-Neuve
CYCLONE30	Cyclotron in Louvain-la-Neuve
CYCLONE44	Cyclotron in Louvain-la-Neuve
DUBBLE	Dutch-Belgian Beamline, later Dual Belgian Beamlines, twee experimentele opstellingen aan het ESRF-synchrotron in Grenoble
EBIS	Electron Beam Ion Source, een ionenbron voor hogere ladingstoestanden
ECR	Electron Cyclotron Resonance-ionenbron
EOS	Excellence of Science, een FNRS-FWO-financieringsprogramma als opvolger van het federale IUAP-programma
EPS	European Physical Society, een Europese organisatie zonder winstoogmerk ter bevordering van de fysica
ERC	European Research Council, opgestart door de EU in 2007

ESRF	European Synchrotron Radiation Facility, een synchrotron voor materiaalonderzoek in Grenoble
FANC	Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle
FEBIAD	Forced Electron Beam Induced Arc Discharge; een type ionenbron
FKFO	Fonds voor Kollektief Fundamenteel Onderzoek, een van de drie geassocieerde fondsen van het NFWO
FNRS	Fonds de la Recherche Scientifique, Franstalige tegenhanger van het FWO
FRS/ESR	Fragment Recoil Separator/Experimental Storage Ring, twee gekoppelde installaties in het GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung
FWO	Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek – Vlaanderen, het vroegere NFWO
GANIL	Grand Accélérateur National d'Ions Lourds, een Franse onderzoeksinstelling met verschillende deeltjesversnellers, gevestigd in Caen
GOA	Geconcerteerde Onderzoeksactie, een financieringsinitiatief gecreëerd in 1970 ter ondersteuning van excellente onderzoeksteams
GSI	Gesellschaft für Schwerionenforschung, het versnellerscentrum in Darmstadt
HELIOS	Heavy Element Laser Ionization Spectroscopy, de ECR grant van Van Duppen
HIE-ISOLDE	High Intensity and Energy – ISOLDE, de opvolger van REX-ISOLDE als naversneller van de ISOLDE-bundels
IBA	Ion Beam Applications, gevestigd in Louvain-la-Neuve
IGLIS	In-Gas Laser Ionization and Spectroscopy, een lasergas-gebaseerde techniek ontwikkeld op LISOL
IIKW	Interuniversitair Instituut voor Kernwetenschappen
IKS	Instituut voor Kern- en Stralingsfysica
ILL	Institut Laue-Langevin, een internationale onderzoeksinstelling in Grenoble met een hogefluxkernreactor.
IMBL	Ion and Molecular Beam Laboratory, een laboratorium in het Departement Natuurkunde en Sterrenkunde, uitgebaat door IKS en VSM
IMEC	Interuniversitair Micro-Electronica Centrum op de wetenschapscampus in Heverlee
INTC	ISOLDE-Neutron Time-of-Flight Experiments Committee, een van de drie expertencomités van CERN
ISOL	Isotope Separation On-Line
ISOL@MYRRHA	ISOL faciliteit te koppelen aan de geplande MYRRHA-versneller op het SCK, Mol

ISOLDE	Isotope Separation On-Line Device, CERN, Genève, een experimentele opstelling op CERN gebruikt door meer dan negenhonderd onderzoekers
IUAP	Interuniversitaire Attractiepolen, een federaal financieringsinitiatief, gestart in 1987
KUL	Katholieke Universiteit Leuven
KOOL	Kern Oriëntatie On-Line; de kernoriëntatieopstelling aan LISOL
KU Leuven	Katholieke Universiteit Leuven
LHC	Large Hadron Collider, 's werelds krachtigste deeltjesversneller, gebouwd door CERN
LHCC	LHC Experiments Committee, een van de drie expertencomités van CERN
LIS	Leuven Isotope Separator op het IKS
LISOL	Leuven Isotope Separator On-line aan het CYCLONE110 cyclotron in Louvain-la-Neuve
LLTTF	Laboratorium voor Lage Temperaturen en Technische Fysica, gehuisvest in het College van Premonstreit
LMR	Level Mixing Resonances, de IKS-onderzoeksgroep onder leiding van Coussemont en later van Neyens
LUC	Limburgs Universitair Centrum
MBE	Molecular Beam Epitaxy, een apparaat om hoogkwalitatieve gelaagde substraten te groeien
MEDICIS	Medical Isotopes Collected from ISOLDE, een samenwerking op CERN met veertien instituten voor de productie van niet-conventionele radio-isotopen voor medische toepassingen
MYRRHA	Multi-purpose hybrid Research Reactor for High-tech Applications, een multifunctionele onderzoeksinstallatie in opbouw aan het SCK, Mol
NFWO	Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek, dit wordt in 1996 het FWO-Vlaanderen
NICOLE	Nuclear Implantation into Cold On-Line Equipment, de kernoriëntatieopstelling aan ISOLDE, CERN
NuPECC	Nuclear Physics European Collaboration Committee, het Europees Expertcomité Kernfysica van de European Science Foundation.
PSI	Paul Scherrer Institute, een multidisciplinaire onderzoeksinstituten in Villigen, Zwitserland
QSP	Quantum Solid-state Physics, een afdeling van het Departement Natuurkunde en Sterrenkunde
REX-ISOLDE	Radioactive Beam Experiment at ISOLDE, de eerste naversneller op ISOLDE
RIB	Radioactieve ionenbundel, Radioactive Ion Beams
RILIS	Resonant Ionization Laser Ion Source, een lasergebaseerde ionenbron

RTS	Rutherford-terugverstrooiingsspectrometrie, een analysetechniek voor materiaalonderzoek
RUCA	Rijksuniversitair Centrum Antwerpen
SCK	Studiecentrum voor Kernenergie te Mol
SDI	Strategic Defense Initiative, een Amerikaans programma voor de bouw van een ruimteschild
SHIP	Separator for Heavy Ion Products, een opstelling in GSI, Darmstadt
SPC	Science Policy Committee, het hoogste wetenschappelijk adviesorgaan van CERN
SPIRAL2	Lineaire versneller voor zware ionen op GANIL, Caen, Frankrijk
SPSC	SPS and PS Experiments Committee, een van de drie expertencomités van CERN
UCL	Université Catholique de Louvain
UCLouvain	Université Catholique de Louvain (vanaf 2018)
UGent	Universiteit Gent
UHV	Ultrahoog Vacuüm
UIA	Universitaire Instelling Antwerpen
ULB	Université Libre de Bruxelles
UMHK	Union Minière du Haut-Katanga
VRWB	Vlaamse Raad voor Wetenschapsbeleid
VSM	Vaste stof en Magnetisme, een afdeling op het Departement Natuurkunde
VUB	Vrije Universiteit Brussel
WINA	Vereniging van studenten in de wis- en natuurkunde, Leuven
WP	Wetenschappelijk Personeel
ZAP	Zelfstandig Academisch Personeel

LITERATUUR

De wetenschappelijke artikels, als voetnoot geciteerd, zijn niet opgenomen in deze literatuurlijst.

- Balduck, Paul. *Walter Mund (1892–1956)*. Galerij van de Belgische Scheikundigen KVCV Sectie Historiek, (2009).
- Barbé, Luc. *België en de bom*. www.lucbarbe.be, 2012.
- Brion, René en Moreau, Jean-Louis. *Van mijnbouw tot Mars, de ontstaansgeschiedenis van Umicore*. Tielt: Lannoo, 2006.
- Brookhuis, Hein. *The Politics of Big Science in a Small country: The Moral Economy of the Belgian Nuclear Research Centre 1980–2020*. Leuven: Thesis for the degree of doctor in history, 2024.
- Bruylants, Albert. *In Memoriam Walter Mund*. Leuven: Publications Universitaires de Louvain - Leuvense Universitaire Uitgave, 1956.
- Buch, Pierre en Vanderlinden, Jacques. *L'uranium, la Belgique et les puissances: Marché de dupes ou chef d'œuvre diplomatique?* Wezemaal: De Boeck, 1995.
- De Smedt, Jozef. 'Het Natuurkundig Instituut', *Onze Alma Mater*, (1949): 18–20.
- Dekeyser Raf, Vandenghoer Carl, Vanpaemel Geert, 'De Tentoonstelling Van Appel tot Atoom; Natuurkunde na Newton', *Onze Alma Mater*, (1988) 1: 75–91.
- Ferrer, Rafael et al., 'Towards high-resolution laser ionization spectroscopy of the heaviest elements in supersonic gas jet expansion', *Nature communications*, (2017) 10.1038/ncomms14520.
- Fleming, Peter. *Dark Academia: How Universities Die*. London: Pluto Press, 2021.
- Fowler, William A. 'Experimental and theoretical nuclear astrophysics; the quest for the origin of elements', *Nobel lecture* (8/12/1983).
- Galison, Peter en Hevly, Bruce. *Big Science. The Growth of Large-Scale Research*. Stanford University Press, 1992.
- Govaerts, Jan. 'L'homme et le scientifique passionné', in *Pierre Macq et son université*, ed. Marcel Crochet. Louvain-la-Neuve: Academia-L'Harmattan, 2017.
- Macq Pierre, *Exposé à l'occasion de la célébration du centenaire de la naissance de Marc de Hemptinne*, <https://www.yumpu.com/fr/dehemptinne.net>, (22 november 2002).

- Macq, Pierre. 'Marc de Hemptinne', *academieroyale.be/Academie/documents/MarcedeHemptinne9135.pdf* (2005) 25-37.
- Marage, Pierre 'De kernfysica en de deeltjesfysica', in *Geschiedenis van de wetenschappen in België (1815–2000)* edited by Robert Halleux, Geert Vanpaemel, Jan Vandersmissen en Andrée Despy-Meyer. Brussel: Dexia/La Renaissance du livre, 2001, vol. 2.
- Mariens, Paul 'In Memoriam Prof. Augustinus Van Itterbeek', in *Jaarboek 1968*. Brussel: KVAB, 336-337
- Nys, Liesbet. *De kracht van wetenschap: Een geschiedenis van het onderzoeksbeleid aan de KU Leuven*. Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2018.
- Rolfs, Claus en Rodney, William. *Cauldrons in the Cosmos*. Chicago: University of Chicago Press, 1988.
- Ruys, Paul. 'Het uranium van Kongo en de wereldpolitiek 1939–1945', *Streven* 17 (1963–1964): 209–220.
- Van Itterbeek, Augustin en Mariens, Paul. 'Determination of the Relaxation Time for the Vibrational Energy of Carbon Dioxide', *Nature* 140, (1937): 850.
- Van Itterbeek, Augustin. 'Het Laboratorium voor Lage Temperaturen', *Onze Alma Mater*, (1949): 21–23.
- Vandendriessche Joris, *De grootste bom ter wereld*, <https://cultuurgeschiedenis.be/de-grootste-bom-ter-wereld/>, (22 februari, 2017).
- Vandendriessche, Joris. *Zorg en wetenschap: Een geschiedenis van de Leuvense academische ziekenhuizen in de twintigste eeuw*. Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2019.
- Vanpaemel, Geert 'De Natuurkunde', in *Geschiedenis van de wetenschappen in België (1815–2000)*, edited by Robert Halleux, Geert Vanpaemel, Jan Vandersmissen en Andrée Despy-Meyer. Brussel: Dexia/La Renaissance du livre, 2001, vol. 1.
- Vanpaemel, Geert. *Op weg naar een duurzame toekomst: Het studiecentrum voor Kernenergie in Mol (1952–2022)*. Leuven: Acco, 2022.
- Vanpaemel, Geert. *Wetenschap als roeping: Een geschiedenis van de Leuvense Faculteit voor Wetenschappen*. Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2017.
- Vervier, Jean. 'Le Centre de recherches du cyclotron de l'UCL à Louvain-la-Neuve', in *Histoire du Nucléaire en Belgique, 1990–2005*, eds. Marcel Maris, André Jaumotte en Pierre Govaerts. Brussel: P.I.E Peter Lang, 2007, 79–86.
- Vos, Louis. 'Structuren', in *De stad op de berg*, Jo Tollebeek en Liesbet Nys. Leuven: Universitaire Pers Leuven, 2005.

HERKOMST FOTOMATERIAAL

De auteur heeft getracht alle rechthebbenden op copyright van het beeldmateriaal in deze uitgave te contacteren. De rechthebbenden die zouden vaststellen dat illustraties zonder hun medeweten werden gereproduceerd, worden verzocht contact op te nemen met de uitgever. Een groot deel van de foto's in het IKS-fotoarchief zijn door verschillende IKS-leden genomen ondermeer door Guido Claes en Maurice Elskens.

De cijfers van onderstaande lijst verwijzen naar de pagina's waarop de illustraties zijn afgedrukt.

- 15, 17:** KU Leuven Universiteitsarchief
- 18 (links):** Notices Academie Royale
- 18 (rechts):** Jaarboek KVAB
- 19 (boven):** Martin Thijs
- 19 (onder):** Geert Vanpaemel
- 30 (boven):** Jules en Felix Van Eyken, Fotoarchief IKS
- 30 (onder):** KU Leuven Universiteitsarchief
- 31, 32, 33:** Jules en Felix Van Eyken, Fotoarchief IKS
- 39, 40:** Service des Archives UCLouvain
- 46, 48:** Fotoarchief IKS
- 50 (boven):** KU Leuven Universiteitsarchief
- 50 (onder), 59, 62, 65, 67:** Fotoarchief IKS
- 69:** Peter De Bisschop, Fotoarchief IKS
- 70:** Fotoarchief IKS
- 78:** Centre de Recherche des Cyclotrons, UCLouvain
- 83:** Benjamin Zwarts
- 88, 91:** Fotoarchief IKS
- 98, 100:** CERN
- 101:** Rob Stevens, KU Leuven
- 105:** Julien Ordan, CERN
- 107:** Erwin Siesling, CERN
- 112, 117, 118:** Fotoarchief IKS
- 122:** Rob Stevens, KU Leuven
- 123:** Maximilien Brice, CERN
- 127, 128, 133, 138, 140, 142, 143:** Fotoarchief IKS

DANKWOORD

Het schrijven van dit boek was op zich een lange reis waaraan vele mensen op uiteenlopende manieren hebben bijgedragen. Zonder hun steun, expertise en aanmoediging zou ik er niet geraakt zijn.

Allereerst wil ik Riccardo Raabe, het afdelingshoofd van het IKS, en de vaste stafleden bedanken voor de steun en omkadering die het instituut mij heeft geboden. De huidige en vroegere collega's hielpen mij de tijdslijnen op te stellen van hun onderzoek met aanduiding van de belangrijke ontwikkelingen, moeilijkheden en successen. Speciaal wil ik Guido Langouche, Nathal Severijns, Piet Van Duppen en André Vantomme bedanken voor het grondig nalezen en verbeteren van het manuscript.

Ik dacht voldoende schrijfervaring te hebben door die vele, vooral Engelstalige, wetenschappelijke artikels die ik in de loop van mijn carrière geschreven heb. Maar dat bleek niet zo te zijn. Een boek schrijven over de geschiedenis van een onderzoeksinstituut is andere koek. Gelukkig waren er mijn schoonzus Lieve Gevers, mijn schoonbroer Louis Vos en collega Geert Vanpaemel, alle drie professoren, historici en schrijvers van vele boeken, die mij grondig begeleid hebben met vele suggesties en cruciale verbeteringen.

Het materiaal waarop dit boek gebaseerd is, komt vooreerst uit het IKS zelf. Paul Mariens, de stichter van het labo, heeft een uitgebreid en goed geordend persoonlijk archief nagelaten. Hij zorgde er ook voor dat het secretariaat een goed archief bijhield. Dat is grotendeels bewaard gebleven. Maar dat was uiteraard niet voldoende. Op mijn speurtocht naar verdere informatie ben ik gestuit op zeer bereidwillige medewerkers van verschillende bibliotheken, archieven en organisaties. Een speciaal woord van dank gaat uit naar Kjell Corens van het Universiteitsarchief van de KU Leuven

en Véronique Fillieux van de Service des Archives van de UC Louvain, Joris Snaet van de Divisie Monumenten en Bouwkundig Onderhoud van de KU Leuven en Danique Moors, diensthoofd Informatiebeheer van het FWO. Dankzij hun inzet kon ik toegang krijgen tot bronnen die van cruciaal belang waren voor mijn onderzoek.

Een belangrijk onderdeel van dit boek wordt gevormd door de interviews en correspondentie met mensen die hun persoonlijke verhalen en inzichten met mij wilden delen. Ik denk aan Paul Balduck, Hein Brookhuis, Frans Cerulus, de familie de Hemptinne, Jos De Raedt, Siegfried Evens, Patrick Gepts, Jan Govaerts, Ghislain Grégoire, Marc Loiselet, Bruno, Herman en Jo Mariens, Elisabeth Monard, Liesbet Nys, Guido Ryckewaert, Emile Stiers, Felix en Nini Van Eyken en Kaat Wils.

Felix en Nini Van Eyken wil ik speciaal nog extra bedanken voor het ter beschikking stellen van het fotoarchief van Jules Van Eyken, hun vader.

Een eremedaille verdienen mijn vrouw, kinderen en kleinkinderen, die mij tijdens mijn actieve loopbaan veel hebben moeten delen met het 'labo', zelfs nog meerdere jaren daarna.

Colofon

© 2025 Universitaire Pers Leuven / Leuven University Press / Presses Universitaires de Louvain. Minderbroedersstraat 4, B-3000 Leuven (België)

Alle rechten voorbehouden. Behoudens de uitdrukkelijk bij wet bepaalde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, op welke wijze ook, zonder de uitdrukkelijke voorafgaande en schriftelijke toestemming van de uitgevers.

Alle TDM (Text and Data Mining) rechten voorbehouden.

ISBN 978 94 6165 388 8

D/2025/1869/27

NUR: 680

Zetwerk: Crius Group

Ontwerp omslag: Andre Klijsen

Afbeelding omslag: De Miniball-detectoropstelling op ISOLDE, CERN (2001)

(Foto: Julien Ordan, CERN)

