

MERKSTEEN VI: ESAT EN IMEC

Dit is het verhaal van ESAT en imec. Twee laboratoria die Vlaanderen op de wereldkaart van de informatietechnologie hebben gezet. Die technologie vormt de basis van de huidige informatiemaatschappij. Informatietechnologie is gestoeld op de micro-elektronica. Alles begint in 1947 met de uitvinding van de transistor door Shockley, Bardeen en Brattain in Bell Labs, VS. Transistoren zijn gebaseerd op de eigenschappen van halfgeleiders en vervangen van dan af energie- en plaats verslindende elektronenbuizen. Maar ze moeten dan nog samen met andere componenten worden gemonteerd op gedrukte schakelborden om elektronische schakelingen te bouwen. Daar komt verandering in wanneer in 1958 Jack Kilby (1923-2005) bij *Texas Instruments* en Robert Noyce (1927-1990) bij *Fairchild* er, onafhankelijk van elkaar, in slagen alle elektronische componenten te ‘integreren’ op één enkel schijfje halfgeleidermateriaal, eerst germanium maar vanaf de jaren zestig bijna exclusief op silicium. De chip of geïntegreerde schakeling (*Integrated Circuit: IC*) is geboren en vormt het hart van de ‘micro-elektronica’. Fairchild, gesticht in 1957 in Palo Alto nabij Stanford University, groeit uit tot de bakermat van *Silicon Valley*, waar al snel tientallen IC-bedrijven groeien. De uitvinding van de IC ontketent vanaf de jaren zestig een technologische revolutie die alle elektronische apparatuur voortdurend complexer, sneller, veiliger, efficiënter en goedkoper laat functioneren. Het centrum van deze permanente evolutie was en is nog altijd Silicon Valley en de haar omringende universiteiten in Berkeley en Stanford.

In deze uiterst dynamische en snel evoluerende microkosmos verblijft een jonge Vlaamse ingenieur **Roger Van Overstraeten, PhD (1937-1999)** aan de Stanford universiteit met een studiebeurs van Francquis Belgian-American Educational Foundation. Hij verricht er van 1960 tot 1963 zijn doctoraatsonderzoek in de halfgeleiderfysica bij professor John. L. Moll. Zijn onderzoek richt zich op het voorspellen van het gedrag van transistoren en elektronische schakelingen bij zeer hoge spanningen. Het is net in deze periode dat Gordon Moore en Robert Noyce Fairchild hebben opgestart en dat de legendarische decaan Frederik Terman (1900-1982) van Stanford University het *Stanford Research Park* uitbouwt, dat ook wel de bakermat genoemd wordt van Silicon Valley en waar de synergie tussen universiteit en industrie tot volle bloei komt. Roger Van Overstraeten ontmoet er dan ook veel van de pioniers van Silicon Valley en begrijpt snel de economische betekenis van de micro-elektronica voor telefonie, klank- en beeldtransmissie, computers en instrumentatie. Hij leert er hoe de samenwerking en de technologietransfers tussen de Stanford-universiteit en de bedrijven van Silicon Valley functioneren en keert terug naar Leuven met de kennis en de passie om deze technologie in de industriële realiteit tot ontwikkeling te brengen op regionaal, nationaal en Europees vlak. Het is Van Overstraeten er nooit alleen om te doen geweest

een uitmuntend onderzoekscentrum uit te bouwen, maar tevens om te bevestigen dat de relevantie van deze technologie uiteindelijk gemeten moet worden in tewerkstelling en industrieel-economische ontwikkeling.

Het ESAT-laboratorium

Terug uit Stanford start Roger Van Overstraeten zijn academische loopbaan met een eigen laboratorium voor halfgeleiderfysica bij professor Alfons De Bock (1920-2006) in het Instituut Natuurkunde. In 1965 wordt hij als geassocieerd docent opgenomen in het departement Elektrotechniek aan de faculteit toegepaste wetenschappen en start er zijn laboratorium voor de Fysica en Elektronica van Halfgeleiders (FEH).

FEH bouwt eigen apparatuur en het onderzoek spitst zich onder meer toe op de werking en het gedrag van halfgeleidercomponenten, siliciumdioden of fotodioden onder de invloed van licht. Dit wetenschappelijk onderzoek naar de wisselwerking tussen licht en ladingdragers in halfgeleiders blijft een van de pijlers waarop het laboratorium zich verder ontwikkelt. Het leidt tot baanbrekend wetenschappelijk en engineeringwerk in het domein van fotonische energieomzetting en lading gekoppelde elementen of *Charge Coupled Devices (CCD's)*, die, op dat ogenblik, de basis vormen van de beeldopnemers van de snel opkomende elektronische fotografie. Fotonische zonnecellen worden energiebronnen door de bestraling van sterk gedopeerde halfgeleiderdioden met zonlicht waar door de lichtenergie elektronen en gaten vrijgemaakt worden, die een elektrische stroom veroorzaken.

In 1968 wordt Van Overstraeten benoemd tot gewoon hoogleraar en in 1969 bouwt hij, samen met zijn onderzoeksteam, de eerste Belgische *clean room* voor het ontwikkelen en produceren van geïntegreerde schakelingen. Het jaar daarna (1970) wordt het FEH-laboratorium opgenomen onder de eerste elf uitmuntende onderzoekscentra in het kader van de Geconcerteerde Acties voor Fundamenteel Onderzoek. Met deze financiering begint Van Overstraeten zijn laboratorium uit te rusten voor het ontwerp en de fabricatie van geïntegreerde schakelingen. Hij realiseert zich daarbij ook dat een dergelijke onderneming multidisciplinair onderzoek vereist omdat op IC's steeds complexere toepassingen of systemen worden gerealiseerd. De eerste logische stap daartoe is de fusie van FEH met het laboratorium Ketens en Systemen van zijn vroegtijdig overleden collega en mentor professor H.P. De Bruyn (†1975). De verdere uitbreiding van deze fusie leidt in 1976 tot de oprichting van het laboratorium Elektronica, Systemen, Automatisering en Technologie (ESAT).

Op die manier integreert ESAT als het ware alle disciplines betrokken bij zowel het ontwerp als de productie van elektronische componenten, zoals IC's, CCD's, zonnecellen en geïntegreerde sensoren. De onderscheiden onderzoeksafdelingen van ESAT weerspiegelen dan ook de logische en wetenschappelijk gefundeerde opbouw van elektronische componenten van concept tot ontwerp, ontwikkeling en productie. Van Overstraeten bouwt ESAT uit als een braintrust van technologen en ingenieurs waarvan velen doctoraal of postdoctoraal gevormd zijn in Berkeley of in Stanford.

Naast met Berkeley en Stanford ontwikkelt ESAT ook samenwerkingsverbanden met belangrijke universiteiten en onderzoeksinstituten, waaronder de Technische Hogescholen in Aachen, Eindhoven en Zürich, Cambridge University, de Ruhr-universiteit in Bochum en de Université de Grenoble.

De chiptechnologie evolueert razendsnel volgens de zogenaamde wet van Moore, die stelt dat het aantal transistoren per chip verdubbelt om de achttien maanden. In de eerste plaats door de zogenoemde bipolaire transistoren te vervangen door *metal-oxide-semiconductor*- of MOS-transistoren, die kleiner en gemakkelijker te produceren zijn. Door later, rond 1970, zogenoemde n- en p-MOS-transistoren te combineren ontstaat de complementaire MOS-technologie (CMOS-technologie). CMOS heeft bovendien het voordeel zeer weinig energie te verbruiken, zodat complexe systemen op batterijvoeding mogelijk worden, wat leidt tot nieuwe toepassingen in digitale fotografie, polshorloges, sensoren, computergeheugens, ruimtevaart en voertuigen.

Maar ook voortdurende verfijning van productietechnieken leidt tot componenten met veel kleinere afmetingen, zodat meer en meer transistoren op één enkele chip kunnen worden geïntegreerd.

In de jaren tachtig bereikt men het zogenaamde *Very Large Scale Integration*-niveau (VLSI-niveau), waarbij chips meer dan 10 miljoen transistoren kunnen bevatten. Vanaf 2000 spreken we van *Giga-Scale Integration* met over één miljard transistoren per chip.

ESAT groeit mee met die snelle evolutie. De fysica van MOS-transistoren en VLSI-procestechnologie worden het hart van de ESAT-operatie. Van Overstraeten noemt CMOS 'het werkpaard van de halfgeleidertechnologie'. Meer dan 95% van alle schakelingen wordt tegenwoordig in CMOS gefabriceerd. Deze technologieën worden ontwikkeld in de laboratoria en de clean room van ESAT onder leiding van Gilbert J. Declerck, Ph.D (°1946). Declerck was gedurende 1973-1974 postdoctoraal onderzoeker aan de Stanford University en wordt in 1983 benoemd tot gewoon hoogleraar. Het onderzoek van Declerck vormt in de periode 1970-1980 de basis van de eerste belangrijke onderzoeks- en ontwikkelingscontracten van ESAT met industriële partners. Dit waren in de meeste gevallen contractuele ontwikkelingsovereenkomsten waar, tegen

betaling en royalty's, ESAT wel bepaalde ontwikkelingen en prestaties aflevert. ESAT start voor deze industriële activiteiten een eigen divisie, de Micro-Electronics Industrial Division (MID), binnen het kader van de vzw Leuven Research & Development (LRD), die in 1972 aan de KU Leuven werd opgericht om octrooien, licenties, spin-offbedrijven en industrieel contractonderzoek professioneel te behandelen.

Deze ontwikkelingscontracten betreffen in deze periode voornamelijk samenwerking met belangrijke chipfabrikanten, zoals Intel en National Semiconductor, op het gebied van procestechnologie en de ontwikkeling van toepassingsgerichte chips op maat voor de nieuwe generatie minicomputers met bedrijven zoals Digital Equipment, Philips, Siemens, Tektronix, Wang Laboratories en de eerste getransistoriseerde telefooncentrales voor de Belgische vestigingen van IT&T (Bell Telephone) en GTE (Atea en Sylvania). Maar ook met familiale bedrijven worden chips op maat ontwikkeld, zoals de eerste geïntegreerde afstandsbediening voor Barco-televisietoestellen en camerachips voor Elbicons automatische visuele inspectiesystemen.

De belangrijkste samenwerking in de jaren zeventig is ongetwijfeld die met de Bell Telephone Manufacturing Company (BTMC) in Antwerpen. Het BTMC onder leiding van CEO Frank Pepermans (1920-1976) groeit uit tot een internationale leider in de ontwikkeling van digitale telefooncentrales met belangen in micro-elektronica, software, systeemstudies, computertoepassingen en de introductie van nieuwe technieken, zoals de pulscodemodulatie (PCM). In 1987 verkoopt International Telephone & Telegraph Corporation (ITT) zijn Europese filialen, waaronder BTMC, aan de Franse Compagnie Générale d'Électricité (CGE), die deze telecommunicatiebedrijven onderbrengt in zijn Alcatel-filiaal. In 2006 fuseert Alcatel met Lucent Technologies, de telecommunicatiespin-off van het Amerikaanse AT&T. Alcatel-BTMC-Lucent vormt de eerste leverancier van end-to-endoplossingen en dienstverlening in de telecommunicatie-industrie.

De ontwikkeling en productie van chips vereist een breed en diepgaand servicepotentieel. Dit brede domein staat onder leiding van Robert Mertens, PhD (°1946). Het strekt zich uit van de ontwikkeling en optimalisatie van conventionele en nieuwe halfgeleidermaterialen tot de studie van nieuwe technieken voor de verpakking en interconnecties van chips, betrouwbaarheidsanalyses en de fabricatie van sensoren, beeldopnemers en fotonische zonnecellen. Vanaf ESATs ontstaan, vormt fotonische energieconversie een centraal objectief, dat Mertens tot zijn emeritaat in 2011 ontwikkelt en helpt commercialiseren. Op theoretisch vlak ontwikkelt hij de theorie van sterk gedopeerd silicium. Dat laat voor de eerste maal toe nauwkeurig het rendement van zonnecellen te

voorspellen door computersimulatie. Daarnaast heeft hij met zijn team nieuwe fabricatietechnieken ontwikkeld die leiden tot de spin-offs Soltech en Photovoltech.

Naast het werk op procestechnologie levert ESAT ook pionierswerk op het gebied van ontwerptechnieken voor chips. Het ontwerpen van VLSI-chips met meer dan 10 miljoen transistoren is inderdaad niet mogelijk zonder de hulp van computerprogramma's. Ontwerpkosten en ontwikkelingstijd worden anders onbetaalbaar en de fabricagekosten zouden erg oplopen wanneer een ontwerp nog fouten zou bevatten. *First time right* is dus een noodzaak. Zonder wijzigingen in de klassieke ontwerpmethodologie zou het 68 manjaren vragen om in 1982 één VLSI-microprocessor te ontwerpen. Daarom wordt in de jaren zestig het ontwikkelen van ontwerpsoftware cruciaal voor de verdere evolutie van de micro-elektronica. Een van de belangrijkste ontwikkelingen in nieuwe ontwerpmethododes voor chips is de simulatiesoftware. Daarbij worden wiskundige modellen ontwikkeld die de reële gedraging van chips nabootsen. Voor de ingenieur-ontwerper is de functie van simulatiesoftware vergelijkbaar met de vluchtsimulator die in de opleiding van piloten het reële gedrag van het vliegtuig in de meest diverse omstandigheden kopieert. Je kunt simulatiesoftware aanzien als een virtueel elektronicalaboratorium dat de ontwerper toestaat alle karakteristieken, gedragingen en *what if*-scenario's van een geïntegreerde schakeling te bestuderen, te verbeteren en uit te testen alvorens tot de eigenlijke fabricatie over te gaan. Dit verbetert ook in aanzienlijke mate de efficiëntie, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de schakeling. ESAT vervult een pioniersrol in het ontwikkelen van ontwerpmethododes voor geïntegreerde schakelingen, zowel in de analoge als in de digitale systemen.

Dit is voornamelijk het werk van Hugo De Man, PhD (°1940) en zijn medewerkers en doctoraatstudenten. De Man verblijft in 1969-1971 in Berkeley aan het laboratorium van professor Donald O. Pederson (1925-2004), waar het SPICE-programma ontwikkeld wordt, het eerste computerprogramma in het publieke domein (*open source*), dat toelaat het gedrag van geïntegreerde schakelingen te simuleren alvorens het risico van de dure ontwikkelingskosten op het spel te zetten. Terug in Leuven wordt De Man in 1978 gewoon hoogleraar en bouwt over de jaren binnen ESAT een onderzoeksteam uit dat zeker in Europa, maar ook daarbuiten, de inspirerende leider is in domeinen, zoals computergesteund ontwerp (Computer Aided Design - CAD), ontwerp van chips voor digitale signaalverwerking (Digital Signal Processing - DSP), het gezamenlijke en harmonieuze ontwerp van hardware- en softwarecomponenten (CoWare) en de elektronische ontwerpautomatisatie (Electronic Design Automation - EDA).

De Man is altijd een stap vooruit op de evolutie en blijft in de eerste plaats en altijd een *educator* en 'wetenschappelijk navorser' die ervoor zorgt dat zijn ontwikkelingen waar mogelijk tot industriële

initiatieven leiden. In 1999 ontvangt hij de prestigieuze Phil Kaufman Award voor zijn wetenschappelijk werk. Bij de uitreiking van de onderscheiding portretteert A. Richard Newton (1955-2007), decaan van UC Berkeleys College of Engineering, de essentie van de laureaat:

However, I would say that first and foremost, Hugo is an educator. I know this is the aspect of his career that he is the proudest of. His vision and his deep understanding of technology and its implications, along with his ability to clearly and persuasively articulate his ideas, have made him an inspiration and mentor to many generations of students. Second he is a designer and third an EDA researcher and developer.

Een Stanford-professor in een recent gesprek opinieert: *'Hugo De Man is one of the most underestimated educator-engineer-scientists in electronics of his generation.'*

Terwijl De Man zich vooral concentreert op digitale signaalverwerking en -schakelingen, bouwt collega Willy Sansen, PhD (°1943) een eenheid rond analoge signaalverwerking en -schakelingen en gemengde analoog-digitale (A/D) toepassingen. Ook hier vormen computergesteunde simulatie en ontwerpprogramma's voor het ontwerp en de lay-out van analoge en gemengde A/D-circuits en systemen de kern van de activiteit. Ook Sansen verblijft van 1969 tot 1973 in Berkeley, waar hij in 1972 zijn PhD in *electronics* behaalt. In 1980 wordt Sansen gewoon hoogleraar in Leuven en bouwt over de jaren zijn onderzoeksgroep uit tot de divisie Micro Electronics and Sensors van ESAT (ESAT-MICAS), dat op vandaag (2020) naast 7 academici ook 71 PhD-onderzoekers en 11 stafleden telt. MICAS-onderzoek heeft tot op vandaag 226 doctoraten voortgebracht, waarvan velen betrokken zijn bij de oprichting van spin-offbedrijven van MICAS.

De ontwerpsoftware van ESAT is geworteld in onderliggend wetenschappelijk onderzoek in fysica en wiskunde, meestal gedreven door nieuwe algoritmen en experimenteel getoetst aan werkende analoge en digitale chips. Ze laten toe 'alsmaar complexere systemen op kortere tijd te ontwerpen, ze te implementeren op de hardware en de software van de chips, die uiteindelijk de enorme rekenkracht, vereist voor digitale signaalverwerking (DSP), op een economische wijze ter beschikking stellen'. De ingenieurs-ontwikkelaars van die nieuwe algoritmen zijn de 'cool guys' van de jaren tachtig.

Uit de onderzoeksgroepen van De Man en Sansen ontstaan de eerste commerciële spin-offactiviteiten van ESAT.

Herman Beke, PhD (°1949) is samen met zijn promotor Willy Sansen de auteur van *CALMP*, een computer-aided lay-outstelsel voor het ontwerp van de productiemaskers van digitale MOS- en CMOS-geïntegreerde schakelingen, waarbij gebruikgemaakt wordt van een vooraf ontworpen

bibliotheek van zogenaamde standaardcellen. Vergelijk het met een architect die een gebouw ontwerpt met prefab blokken. CALMP vertaalt automatisch een simuleerbaar schema van een digitaal systeem in een geoptimaliseerde productietekening van een nieuwe chip en laat de ingenieur-ontwerper toe interactief de gegevens stap voor stap uit te testen in verschillende mogelijke combinaties. Na iedere stap zijn de resultaten onmiddellijk beschikbaar en te vergelijken met de voorgaande output tot een optimale configuratie bewaard wordt. Deze standaard celontwerpmethode wordt nog altijd wereldwijd gebruikt in vrijwel ieder ontwerp van digitale IC's.

In het team van Hugo De Man ontwikkelt Guido Arnout, PhD (°1951) *DIANA*, het eerste simulatieprogramma voor de ontwikkeling en de verificatie van gemengde (*mixed mode*) geïntegreerde schakelingen, die analoge en digitale schakelingen op één chip combineren. Vrijwel alle huidige klantgerichte chips zijn van dat type. Later ontwikkelt Arnout *DIANA-SC* voor de simulatie en het ontwerp van elektronische filters die gebruikmaken van geschakelde capaciteiten in CMOS-technologie, die in vrijwel iedere telecomchip gebruikt worden.

Deze CAD-simulatie en ontwerpprogramma's zijn baanbrekend in de industrie en in 1977 beslissen Van Overstraeten, De Man en Sansen in het kader van de MID-Divisie van LRD de *Leuven Industrial Software Company (Lisco)* op te richten voor de commercialisatie van deze softwareprogramma's ontwikkeld in ESAT. Het is de eerste 'academische' spin-off in Leuven.

Silvar-Lisco

Een centrale figuur in de uitbouw van de industrieel-commerciële dimensie van ESAT is William ('Bill') Van Cleemput, PhD (°1945). Van Cleemput behaalt diploma's in wiskunde en *Electrical Engineering* aan de Universiteit van Leuven en aan de University of Waterloo in Canada. Na het behalen van een PhD in computerwetenschappen aan de University of Waterloo stapt hij in 1975 over naar Stanford, doceert er in de periode 1975-1983 het vak computersystemen en leidt er een onderzoeksgroep in computergesteunde ontwikkelings- en lay-outprogramma's voor de architectuur van nieuwe, op maat ontworpen chips. Roger Van Overstraeten en Van Cleemput vinden elkaar en ontwikkelen over de jaren een solide professionele en persoonlijke relatie. In 1979 sticht Van Cleemput het bedrijf *Silicon Valley Research (Silvar)* voor de commercialisatie van de CAD-softwareprogramma's ontwikkeld in zijn laboratorium in Stanford. Vele jaren van samenwerking, uitwisseling en overleg tussen Van Cleemput, ESAT en LRD/Lisco leiden in 1981 tot de fusie van beide bedrijven in de nieuwe maatschappij *Silvar-Lisco* met exploitaties in Menlo Park, Californië en in Haasrode bij Leuven. Van Cleemput wordt CEO van het nieuwe bedrijf en onder meer Guido Arnout en Herman Beke verlaten ESAT. Samen met de Silvar-ingenieurs Thomas Bennett, David Coelho en Kim Stevens vormen ze de ruggengraat van het nieuwe bedrijf. Daarbij komt ESAT-

ingenieur en Stanford MBA Dirk Wauters, die samen met Van Cleemput de bedrijfsleiding waarneemt.

Silvar-Lisco ontwikkelt en commercialiseert ontwerpsoftware voor de simulatie (*Diana, Helix, Logic, Sable, SWAP*) en de lay-out (*CalMP, Gards*) van 'op maat' ontworpen geïntegreerde schakelingen voor specifieke toepassingen. Hun markt beoogt de versnelde introductie van correcte en betrouwbaar functionerende chips in de industrie. Hun cliënteel zijn de producenten van chips en elektronische systemen. Silvar-Lisco is een van de pionerende CAD-bedrijven en samen met de Amerikaanse bedrijven Daisy, Mentor Graphics en Valid een leider in EDA. Het bedrijf groeit snel met verkoopkantoren in Europa, Japan en de VS. De omzet stijgt van 1,8 miljoen USD in 1982 tot 6,9 miljoen USD in 1984. Naast Van Cleemput en LRD (voor rekening van ESAT) behoren de Belgian Corporation for International Investment (BMI), de Kredietbank-dochter Investco en de Gimv tot de eerste Silvar-Lisco-eigenaars en -investeerders. In 1984 slaagt Van Cleemput, met de assistentie van de Wall Street-investeringsbank Kidder, Peabody & Co, in een succesvolle initial public offering (IPO) van het drie jaar oude bedrijf en wordt Silvar-Lisco een op de Nasdaq-beurs genoteerd bedrijf. Opnieuw een Belgische, wellicht Europese primeur: een universitaire spin-off drie jaar oud wordt in de Verenigde Staten op de beurs genoteerd. Zakenmilieus in België fronsen de wenkbrauwen.

Silvar-Lisco doet het uitstekend op de markt en draait in 1984 een omzet van 28 miljoen USD. Maar in die periode schakelen de EDA-bedrijven om van gedeelde VAX-minicomputers naar zogenaamde persoonlijke werkstations. Daarbij besluit Silvar-Lisco samen te gaan met IBM, maar het workstation van IBM kan niet wedijveren met Sun en Apollo, die de voorkeur van de concurrerende bedrijven wegdragen.

In 1984 gaat evenwel imec van start, waar het CAD-team van De Man samen met Philips de nieuwe ontwerpmethode CATHEDRAL ontwikkelt voor klantgerichte chips voor DSP, die een cruciale rol beginnen te spelen in digitale audio, video en telecommunicatie.

In dat kader sluit Silvar-Lisco in 1988 een 20 miljoen dollar langetermijnovereenkomst met Philips voor het ontwikkelen van een ontwerp- en lay-outprogramma van geïntegreerde schakelingen voor DSP-toepassingen (*ASIC - Application Specific Integrated Circuit*).

De kapitaalsbehoeften om een volledige lijn van snel evoluerende EDA-producten te ontwikkelen leiden ertoe dat *Silicon Compiler Systems* in 1989 de meerderheid van de aandelen in het Leuvense Silvar-Lisco nv verwerft. Silvar-Lisco nv wordt het *European Development Center (EDC)* van *Silicon Compiler Systems*, dat op zijn beurt inclusief het EDC het jaar daarna, in 1990, wordt

ingelijfd door *Mentor Graphics*. Het EDC onder de leiding van Herman Beke en in het kader van de Philips-overeenkomst wordt een wereldleider in technologie voor digitale signaalverwerking. Mentor Graphics, met hoofdzetel in Oregon, is over de jaren uitgegroeid tot een *billion dollar*-bedrijf en de wereldleider in het ontwikkelen van ingebouwde (*embedded*) EDA-software.

ICOS Vision Systems

In 1982, het jaar van de fusie Silvar-Lisco, is de jonge academicus André Oosterlinck medeoprichter van het bedrijf *ICOS Vision Systems*. De academische loopbaan van André Oosterlinck verloopt niet volgens de klassieke cursus honorum, van uitmuntende universitaire studies tot doctoraat, navorser, assistent en hoogleraar. Oosterlinck volgt technische humaniora en wordt technisch ingenieur met ‘automatisatie’ als specialiteit. Aangeworven in de nieuwe Siemens-vestiging in Oostkamp, maakt Oosterlinck deel uit van de groep verantwoordelijk voor de volledige, computergestuurde productieplanning. Het gaf hem de mogelijkheid het hele bedrijf te leren kennen en te zien hoe een complexe organisatie in elkaar stak. Pas nadien volgt een universitaire opleiding op het substraat van deze bedrijfs- en managementervaring. Het tekent ingenieur Oosterlinck voor het leven in zijn wetenschappelijke en universitaire ondernemingen en in zijn zakelijke interacties met collega’s, overheden en medewerkers. In Leuven volgt Oosterlinck het ‘brugprogramma’ technisch-burgerlijk ingenieur, werkt verder bij Siemens tijdens de zomervakanties, wordt in 1972 elektro-werktuigkundig burgerlijk ingenieur en begint onmiddellijk zijn wetenschappelijke loopbaan als NFWO-mandaathouder. Niet bij ESAT en Van Overstraeten, maar aan de faculteit geneeskunde in het Centrum voor Menselijke Erfelijkheid, pas opgericht door Herman Vanden Berghe. Het onderzoeksproject van Oosterlinck is gericht op het automatisch classificeren van de chromosomen in de menselijke cel. Op zoek naar technologie verblijft hij aan het Jet Propulsion Laboratory van de NASA in Pasadena, Californië, waar elektronische beeldverwerkingstechnieken worden ontwikkeld. Oosterlinck onderkent de biomedische toepassingsmogelijkheden van deze technologie, onder meer voor de patroonherkenning en classificatie van chromosomen. Chromosomaal onderzoek is de focus van Vanden Berghes Centrum voor Menselijke Erfelijkheid. Patroonherkenning is eveneens het onderwerp van Oosterlincks doctoraal proefwerk, in 1981 bekroond met het speciaal doctoraat in de toegepaste wetenschappen.

Oosterlinck bouwt zijn eigen onderzoeksgroep uit, geassocieerd met, maar toch onafhankelijk van ESAT. Zijn vakgebied – beeldverwerking en patroonherkenning – is een onderdeel van het ruime (beginnende) technologiedomein van de kunstmatige intelligentie, dat zich uitstrekt over beeldverwerking, patroonherkenning, computervisie, automatisatie en robotica. Gemeenschappelijk aan deze vakgebieden is de signaalverwerking, waarvan de input een afbeelding is en de output

ofwel een optisch of analoog beeld vormt ofwel een digitale verzameling van kenmerken en parameters die gerelateerd zijn aan deze afbeelding. Deze beeldbewerking kan zowel 2D als 3D uitgevoerd worden. Computervisiesoftware ‘herkent’ en analyseert deze kenmerken, inclusief de patronen van regelmaat en structuur. Patroonherkenning impliceert een ‘waarnemer’ (de camera) en een ‘herkenner’ (de software) die het signaal van de ‘waarnemer’ analyseert. Werken aan patroonherkenning is het bedenken van wiskunde en algoritmen om patronen te ontdekken en te vergelijken en die wiskunde en algoritmen te vertalen in bruikbare software. Een belangrijke toepassing van patroonherkenning is de automatische visuele inspectie en kwaliteitscontrole van productieprocessen en afgewerkte producten, die visueel en automatisch ‘getest’ worden op mogelijke defecten of afwijkingen van het standaardpatroon. Oosterlinck ontwikkelt zijn kennis verworven bij chromosomale patroonherkenning en -classificatie op de visuele inspectie van afgewerkte halfgeleidercomponenten en legt zijn eerste contacten met de industriële wereld, onder meer met BTMC.

Ondersteund door LRD sticht Oosterlinck in 1982, samen met Paul de Vrée (°1943), *ICOS Vision Systems nv*, als een spin-off van zijn laboratorium voor elektronische beeldverwerking. Paul de Vrée is de stichter-manager van de durfkapitaalvennootschap Advent Management Belgium, dat hij in 1982 opricht samen met de Belgische holding Sofina en de bekende Amerikaanse *venture capitalist* Advent International in Boston. Later sticht hij in Antwerpen zijn eigen fonds Rendex partners. ICOS ontwerpt, produceert en verkoopt inspectiesystemen voor de uitgaande controle op IC’s of chips, vooraleer ze ingebouwd worden in allerlei elektronische toepassingen zoals pc’s, auto’s, draagbare telefoons en audiovisuele apparatuur. Een tweede productlijn zijn de inspectiemodules die geïntegreerd worden in andere systemen dan IC’s.

De inspectiesystemen zijn aanvankelijk toegespitst op de backendverpakking en eindassemblage van IC’s en halfgeleidercomponenten, zoals microprocessoren, geheugenchips, contactdozen of substraten. De technologie – een camera en software – voert een combinatie van driedimensionale (3D) metingen uit om de juiste plaats aan te geven van de component wanneer deze wordt gesoldeerd op het bord en ook een tweedimensionale (2D) optische inspectie, die de kwaliteit van de verpakking controleert. Na de inspectie sorteert het systeem de componenten en plaatst ze eventueel in een speciaal ontworpen tape in voorgevormde klosjes, dichtgeklemd met een beschermende folie. Dit alles wordt naar de eindgebruiker verstuurd, die ze vervolgens inbouwt in elektronische systemen voor auto’s, pc’s, telefoons en vele andere toepassingen.

Later verruimt ICOS zijn productgamma tot de inspectie en eindcontrole van de wafer of de frontendfabricage van IC’s. Deze uitbreiding is het gevolg van de acquisitie in 2004 van de

waferinspectie van Siemens AG. De waferinspectie controleert de oppervlaktekwaliteit van de wafer, de kwaliteit van de 'bumps' op een wafer, de uitsnijding van het waferraster in afzonderlijke IC's en de verpakkingsprocessen. De inspectiemodules worden geïntegreerd in andere systemen of productielijnen, zoals zonnecelproductielijnen. Naast het goed- of afkeuren van zonnecellen verzamelen de inspectiemodules eveneens waardevolle informatie over het volledige productieproces. Deze informatie wordt continu gebruikt om processen bij te stellen en te verbeteren, wat uiteindelijk resulteert in toenemende productiecapaciteit, verlaging van de productiekosten en grotere acceptatie van zonnecellen in de markt.

De markt en het cliënteel van ICOS bevindt zich voornamelijk in de Verenigde Staten en in Zuidoost-Azië, waar de voornaamste Integrated Device Manufacturers (IDM's) van halfgeleiders en hun onderaannemers gevestigd zijn.

Na een aarzelend begin beslist ICOS in 1985 zich volledig toe te leggen op visuele inspectie van de backendhalfgeleider- en elektronische-assemblagemarkt. De Vrée en Oosterlinck bouwen een sterk managementteam rond drie in Leuven gevormde burgerlijk ingenieurs in de elektronica en de elektromechanica: Jos Verjans, PhD (°1946), Antoon De Prof, PhD (°1960) en August Smeyers, PhD (°1954). Aanvankelijk zetelt De Vrée als voorzitter en Oosterlinck als beheerder in de raad van bestuur. ICOS groeit snel. In 1986 richt het een dochtervennootschap op in Californië. Daarna volgen een R&D-organisatie in Duitsland, verkoops- en ondersteuningskantoren in Japan, Singapore, Hong Kong, South Korea, Taiwan en de Filipijnen en een volledige productie-eenheid in China. ICOS wordt een wereldleider op het vlak van inspectiesystemen voor IC-verpakkingen.

Na een vriendelijke managementbuy-out van het aandeelhouderschap in 1989 wordt Jos Verjans President-CEO en voorzitter van de raad van bestuur. De Proft, die in 1986 Applications Manager is, volgt Verjans in 2002 op als President-CEO tot 2009. Verjans blijft voorzitter van de raad van bestuur.

De Profts loopbaan evolueert naderhand als voorzitter van imec (2005), beheerder bij Barco nv (2012), voorzitter van het investeringsfonds Quest for Growth na zijn fusie met het bekende durfkapitaalfonds Capricorn Venture Partners in 2012, en President-CEO van de imec-spin-off *Septentrio Satellite Navigation* sinds 2014.

ICOS' omzet bedraagt 30 miljoen EUR in 1997 en verdrievoudigt tot 105 miljoen EUR in 2006. Het aandeelhouderschap is in handen van het ICOS-management, met belangrijke participaties van de Vlaamse Investeringsvennootschap (VIV), een dochter van de Algemene Bankmaatschappij en het ICOS-personeel. In 1997 slaagt ICOS, begeleid door drie bekende Amerikaanse

investeringsbankiers Cowen, Montgomery Securities en Robertson-Stephens, in een succesvolle beursintroductie op de Nasdaq van 30-35 miljoen USD. In 2003 volgt een notering op de Euronext-beurs in Brussel. In 2008 aanvaardt ICOS de overname van haar aandelen door het Amerikaanse *KLA-Tencor*, een van de belangrijkste leveranciers van inspectie- en metrologiesystemen voor de globale halfgeleiderindustrie met een omzet van 2,8 miljard USD.

Van ESAT tot imec

Van Overstraeten en De Man beseffen dat de evolutie naar volledige elektronische systemen op één chip met miljoenen transistoren vraagt om een multidisciplinaire aanpak die de organisatie en de financiële draagkracht van een universitair laboratorium ruim overschrijdt. Procestechnologie voor submicronafmetingen¹ vereist kostbare apparatuur, vergaande materiaalkennis en het ontwikkelen van nieuwe verpakkingstechnieken voor ‘systemen op chip’. Het ontwerpen vereist CAD-software van systeemontwerp tot transistorniveau ontwikkeld en toegepast wordt.

Van Overstraeten overtuigt Gaston Geens (1931-2002), de eerste minister-president van de Vlaamse Gemeenschap, om een ‘SuperLab’ op te richten in het domein van de micro-elektronica in het kader van de Derde Industriële Revolutie in Vlaanderen (DIRV-actie). Het Interuniversitair Micro-Elektronica Centrum (imec) wordt in 1984 te Leuven opgericht als een onafhankelijk onderzoekscentrum. De raad van bestuur is samengesteld uit vertegenwoordigers van de Vlaamse overheid, de rectoren van de Vlaamse universiteiten en de industrie. Van Overstraeten is algemeen directeur, een functie die hij zal blijven uitoefenen tot zijn overlijden in 1999. Hij wordt opgevolgd door Gilbert Declerck, die tijdens zijn CEO-mandaat (1999-2009) imec ontwikkelt tot het belangrijkste onafhankelijk onderzoeks- en ontwikkelingsinstituut in de micro-elektronica op wereldschaal.

De architectuur van imecs businessmodel is het resultaat van de samenwerking tussen de kabinetsmedewerkers van Gaston Geens, de toen zeer jonge Gewestelijke Investeringsmaatschappij voor Vlaanderen (Gimv) en Roger Van Overstraeten. Dit team zal in hetzelfde jaar 1984 ook de chipsfabriek *Mietec* in partnerschap met Bell Telephone realiseren.

Bij de opening van zijn laatste academiejaar 1984-1985 verwelkomt Rector De Somer de oprichting van het Interuniversitair Micro-Elektronica Centrum:

Het is onbetwistbaar dat het imec-project van een niet te onderschatten belang is voor de KU Leuven, enerzijds omwille van de concrete inbreng in dit spijtstechnologisch onderzoeksdomein van de knowhow van het ESAT-

¹ 1 micron staat voor één-miljoenste meter.

laboratorium onder de leiding van prof. R. Van Overstraeten, maar anderzijds ook omwille van de vestigingsplaats op de Arenberg-campus van onze universiteit. Naast een gunstige invloed op de werkgelegenheid in de Leuvense regio – imec streeft ernaar in 1990 zowat 300 mensen te werk te stellen – valt ook een vernieuwend en stimulerend effect te verwachten op het wetenschappelijk onderzoekspotentieel, niet enkel van ESAT zelf, maar eveneens van de andere laboratoria van de groep Exacte Wetenschappen.

In dezelfde redevoering waarschuwt Rector De Somer echter eveneens voor ‘wederzijds huwelijksbedrog in de relatie tussen universiteit en industrie’:

Het samenspel tussen universiteiten en industrie zal niet blijven duren indien de universiteit zich laat uitkopen en ertoe bereid is in dit huwelijk haar persoonlijkheid prijs te geven. Alleen een huwelijkscontract volgens de formule scheiding van goederen en gemeenschap van aanwinsten, waarin elke partner blijft wat hij was, kan veel desillusies besparen.

De Somers boodschap is steeds en altijd een oproep om de zelfstandige en kritische vrijheid van de universitaire vorming en het wetenschappelijk onderzoek te beschermen en te vrijwaren van iedere vorm van voogdij: ‘noch Prins, noch Kerk’ en dus ook: ‘noch Industrie’. Het is een belangrijk deel van zijn erfenis.

Het is aanvankelijk Van Overstraetens visie en bedoeling het ESAT-laboratorium zoveel mogelijk te betrekken bij imec, onder meer door de leiding van beide instellingen in zijn persoon te integreren. Een dergelijk project stuit op bovenstaande visie en overtuiging van rector De Somer en van de academische overheid. Zij stellen dat de objectieven en de interuniversitaire organisatie van imec, hoe belangrijk dit initiatief ook is voor de gemeenschap, niet verweven kunnen worden met de specifieke zending en de taak van een universitaire instelling om de wetenschappelijke opleiding van studenten en navorsers te verzekeren. Het is van essentieel belang dat de Leuvense universiteit een eigen laboratorium in de micro-elektronica behoudt en verder uitbreidt. Van Overstraeten en zijn voornaamste medewerkers stappen over naar imec, maar blijven ook verder doceren aan de Leuvense universiteit als ‘buitengewoon hoogleraar’. Rector De Somer benoemt André Oosterlinck in 1984 als algemeen directeur van ESAT.

MIETEC

De oprichting van imec loopt parallel met de oprichting in 1983 van de chipsfabriek *Mietec* in Oudenaarde door hetzelfde imec-samenwerkingsverband bestaande uit het kabinet-Gaston Geens, Gimv, ESAT en de industriële partner BTMC. Het Mietec-idee is ontstaan in het ITT/BTMC-laboratorium in Gent onder leiding van Gabriel Van Cauwenberghe en zijn medewerkers, waaronder ESAT-alumnus Jozef (‘Jo’) Cornu, PhD (°1944) en de Leuvense fysicus Martin Hinoul,

PhD (°1944). Ze ontwikkelen er het eerste digitale schakelsysteem voor telefooncentrales, Systeem 12. Structureel is Mietec een dochterbedrijf van de Gimv en BTMC en specialiseert zich aanvankelijk in het ontwikkelen en produceren van klantgerichte digitale en gemengde VLSI-chips voor de telecommunicatiemarkt inclusief de dienstverlening en geassocieerde softwareontwikkelingen. Het bedrijf wordt geleid door Jo Cornu, de eerste CEO van Mietec. Cornu wordt later algemeen directeur van BTMC, voorzitter van de raad van bestuur van Alcatel en ten slotte CEO van Agfa-Gevaert. Hij wordt bij Mietec opgevolgd door ir. Johan Danneels, PhD (°1949). Mietec is en blijft in België de enige plaats waar halfgeleiders in volumeproductie gefabriceerd worden onder meer voor de automobielsector. Het maakt chips voor zowat alle Europese autobouwers, van regen- en lichtsensoren tot motorsturingen en afstandssensoren. Bij de overname van BTMC door *Alcatel* in 1987 wordt het bedrijf herdoopt tot *Alcatel-Mietec*, een businessseenheid van *Alcatel Microelectronics*, waarvan Danneels CEO wordt. In 2002 verkoopt Alcatel zijn micro-elektronicabusiness aan het Frans-Italiaanse *STMicroelectronics (STM)*, de belangrijkste Europese halfgeleiderfabrikant ontstaan uit de fusie van Thomsons halfgeleiderbusiness en het Italiaanse Società Generale Semiconduttori (SGS), een businessseenheid van Olivetti. STM behoudt de aangesloten en draadloze oplossingen en verkoopt onmiddellijk de industriële en gemengde signaaltoepassingen, waaronder Mietec, aan de Amerikaanse reus *AMI Semiconductor (AMIS)*. Tijdens de AMIS-periode bereikt Mietec een omzet van 270 miljoen EUR met 750 werknemers. In 2010 wordt AMIS, inclusief Mietec, overgenomen door *ON Semiconductor* in Phoenix, Arizona, een spin-off van Motorola. ON Semiconductor behoort tot de belangrijkste halfgeleiderbedrijven in de wereld met een jaaromzet van 2,8 miljard USD.

Imec breidt uit

ESATs baanbrekende werk op procestechologie en digitaal ontwerp wordt parallel in imec verder ontwikkeld. Imec is 'interuniversitair'. Hoewel op de KU Leuven-campus in Heverlee gevestigd en hoewel het ESAT-team de kern vormt van het centrum, worden belangrijke geassocieerde laboratoria opgericht aan de universiteiten in Gent, Hasselt en Brussel.

Imec-UGent: Photonics Research Group

Een jaar na zijn oprichting start imec een associatie met het Information Technology Center (INTEC) aan de Rijksuniversiteit Gent onder leiding van prof. ir. Paul Lagasse, PhD (°1947). INTEC is gespecialiseerd in fotonica. Fotonica of opto-elektronica lijkt op elektronica, maar waar in elektronische systemen informatie wordt overgedragen door elektronen, gebeurt dat in fotonica door licht, in de vorm van fotonen (de elementaire lichtkwanta). Fotonen hebben geen massa of lading en bewegen zich veel sneller, zonder noemenswaardige verliezen, door optische geleiders, zoals

glasvezel of optische geleiders op chip. Internet zou niet bestaan zonder wereldwijde glasvezelverbindingen. Maar fotonica heeft ook tal van toepassingen in de geneeskunde, in datacenters, sensoren, beeldschermen enzovoort. Fotonische systemen worden opgebouwd uit opto-elektronische componenten zoals lasers en leds, die elektrische signalen omzetten in lichtsignalen, optische schakelaars, modulators en fotodioden die lichtsignalen weer omzetten in elektrische signalen.

Silicium, in normale vorm, is minder geschikt voor fotonica maar daarom werd oorspronkelijk gebruik gemaakt van zogenaamde III-V-materialen, zoals gallium-arsenide (GaAs). In Gent ontwikkelt het team van Lagasse geïntegreerde schakelingen in GaAs om opto-elektronische componenten te genereren.

Imec-Gent stelt het GaAs-productieproces op punt en concentreert zijn activiteiten op opto-elektronica, wat in 2009 resulteert in de oprichting van de ***Photonics Research Group (PRG)***, die snel internationale bekendheid verwerft onder leiding van prof. ir. Roel Baets, PhD.

De moderne fotonica ontstaat in de jaren zestig en zeventig met de ontwikkeling van lasers en opto-elektronische componenten in GaAs-technologie gecombineerd met optische vezels. Deze technologie concentreert zich op de emissie, transmissie, ontvangst en modulatie van lichtsignalen en vormt de basis van zowel de telecommunicatie- als de internetrevolutie.

GaAs-technologie is evenwel veel complexer en leent zich moeilijker voor integratie dan silicium-CMOS-technologie. Maar recent is men erin geslaagd ook silicium als een optisch medium te gebruiken, wat toelaat optische en elektronische componenten op één chip te integreren. Hierdoor is massaproductie van gemengde fotonisch-elektronische systemen mogelijk geworden, wat tal van nieuwe toepassingen mogelijk maakt (*siliciumfotonica*).

Deze activiteiten van imecs PRG-eenheid leiden tot spin-offbedrijven, zoals ***Caliopa*** (2010). Caliopa wordt opgericht door vier navorsers, alle PhD's van de *Photonics Research Group* (Joost Brouckaert, William Chen, Dirk Taillaert, Karel Van Acoleyen), twee ervaren managers (de Brit Tom Collins (Cambridge) en Karsten Verhaegen) en een ervaren bedrijfsleider, Martin De Prycker, PhD (°1955) die tevens CEO wordt van het bedrijf. De Prycker was voordien CEO (2002-2009) van Barco nv en chief technology officer van Alcatel-Lucent, en is later medestichter en managingpartner van het zaaikapitaalfonds *QBic*. Caliopa brengt 2 miljoen EUR bij elkaar met bijdragen van de stichters, het Baekeland II-zaaikapitaalfonds van de UGent, Imec-Fidimec en de Participatiemaatschappij Vlaanderen (PMV). Caliopa ontwikkelt optische zender-ontvangers in siliciumfotonica voor toepassingen in data- en telecommunicatie en optische netwerking. Zender-

ontvangers combineren in dezelfde behuizing zowel de emissie als de ontvangst en verwerking van signalen. In 2013 wordt Caliopa geïntegreerd in het Belgische onderzoekscentrum van *Huawei*, het Chinees conglomeraat dat een wereldleider is in informatie- en communicatietechnologie (ICT).

Uit dezelfde imec-PRG-groep groeit ook het spin-offbedrijf *Sentea* (2018), opgericht door een drieledig managementteam: CEO Karsten Verhaegen, MSc elektronica en Executive MBA van de *École des Hautes Etudes Commerciales (HEC)* in Parijs. Verhaegen is voordien actief in businessdevelopment bij Nokia-Alcatel en Thomson en medestichter-COO van Caliopa. ir. Ronny Bockstaele, PhD fotonica is COO en voordien medestichter van *Trinean* en de Nederlander ir. Thijs Spuesens, PhD fotonica is de CTO. Sentea ontwikkelt vezeloptische sensoren die continu de structurele gezondheid van mechanische structuren bewaken, zoals windturbines, nucleaire centrales, schepen, treinen, vliegtuigen, bruggen, gebouwen enzovoort. De vroege ontdekking van zelfs minimale stoornissen voorkomt het catastrofaal falen van technische structuren en de enorme reparatiekosten en tijdsverlies die ermee gepaard gaan. De Sentea-vezel-optische sensor is een geïntegreerde siliciumfonicachip die alle opto-elektronische functies in één component integreert en verbonden is met een signaal verwerkend elektronisch systeem. Sentea ontvangt in 2018 een startkapitaal van 1,6 miljoen EUR, onderschreven door de stichters, Imec-Fidimec, Finindus (Arcelor-Mittal), PMV en het interuniversitair zaaikapitaalfonds Qbic II.

In de biomedische sector leidt de samenwerking tussen INTEC en imec-Gent tot de oprichting in 2006 van *Trinean* door drie leden van de Photonics-onderzoeksgroep: ir. Ronny Bockstaele, PhD, ir. Bert Luyssaert, PhD en ir. Kris Naessens, PhD. Het bedrijf wordt geleid door *serial* biotechentrepreneur Marc Zabeau, PhD. Trinean ontwikkelt microfluidisch-optische analyse op een chip, die snel de nauwkeurige spectrale analyse van microliterdruppels DNA, RNA, eiwitten en kleine verbindingen mogelijk maakt. Hun product *DropSense 96™* bezorgt een volledig spectrum van ieder staal en analyseert 96 stalen in minder dan vijf minuten. *Xpose®* is de eerste volledig automatische nanoliterspectrofotometer om zeer snel biomoleculaire concentraties te meten. Het Trinean-platform is aangevuld met een softwarepakket (*DropControl™*, *DropQuant™*, *cDrop™*) voor lab-automatisering en interpretatie van gegevens. Trinean brengt nieuwe producten naar onderzoekers die een enorm verschil maken in de productiviteit van het biologisch onderzoekswerk dat ze dagelijks beoefenen.

De risicokapitaalfondsen Baekeland II, Capital-E, Capricorn, Fidimec en Vesalius Biocapital investeren van 2006 tot 2017 ongeveer 8 miljoen EUR in Trinean. In 2012 wordt Philippe Stas de CEO van Trinean in opvolging van Zabeau, die lid blijft van de bestuursraad. Philippe Stas is MSc in bio-engineering (VUB) en in informatietechnologie (UHasselt), MBA University of Liverpool en

was CEO van het biotechbedrijf Algonomics nv. In 2017 wordt Trinean overgenomen door het Amerikaanse *Unchained Labs*, een leider in de ontwikkeling van nieuwe analyse- en onderzoeksinstrumenten voor de biologische wetenschappen. Bij deze acquisitie stelt stichter-CEO Tim Harkness: *'Concentration measurement is central to everything our customers do and DropSense 96™ is the only product in the world that does it for biologics at high concentration with high-throughput.'* Trinean opereert verder op het wetenschapspark Gent-Zwijnaarde als *Unchained Labs Belgium*.

In 2016 groeit **Indigo Diabetes nv** uit de Photonics-imec-Gent onderzoeksgroep en ontwikkelt een naaldvrije, continue glucosebewakingssensor voor diabetespatiënten die ingeplant wordt onder de huid. Dit implantaat op chip, niet groter dan een vingernagel, analyseert met behulp van lichtsignalen het glucosegehalte in lichaamsvocht onder de huid en stuurt bij een te hoog of te laag glucosegehalte een alarmsignaal naar een smartphone, die de patiënt waarschuwt om tijdig insuline of suiker te nemen. De chip vervangt de frequente naaldprikken of patches bij diabetespatiënten en vermindert de continue confrontatie met de ziekte. Indigo is gesticht door ir. Danaë Delbeke, PhD UGent en ir. Koenraad Van Schuylenbergh, PhD Electrical and Medical Engineering KU Leuven. Delbeke en Van Schuylenbergh zijn beiden uitvinders met tientallen toegekende octrooien op hun naam. Delbeke was voordien business-developmentmanager van het Photonics Innovation Center en actief betrokken bij de start en incubatie van de spin-offs van PRG. Van Schuylenbergh heeft jarenlange ervaring met de ontwikkeling en verpakking van medische implantaten en micro-elektromechanische structuren (MEMS). Tijdens een achtjarig verblijf aan het befaamde Xerox-Palo Alto Research Center (PARC) wordt hij in 2004 gehonoreerd met de PARC-Golden Acorn Award voor de commerciële waarde van zijn octrooi op beeldsensoren.

Indigo ontvangt een startkapitaal van 7 miljoen EUR, onderschreven door een groep investeerders geleid door het Nederlandse Thuja Capital Healthcare Fund II, samen met Capricorn-Arkiv, Fidimec, PMV, Qbic-Arkiv en familiale fondsen. In 2018 krijgt Indigo een extra 2,5 miljoen EUR van de Europese Unie als innovatiestimulans om naast suiker ook andere biomerkers te meten. Op 27 juli 2020 sluit het een financieringscontract van 38 miljoen EUR af voor de verdere ontwikkeling van het Indigo-platform. De financiering wordt geleid door Fund+, met deelname van Ackermans & van Haaren, imec.xpand, Capricorn Digital Growth Fund, QBICII, Titan Baratto en de Series A-investeerders.

[Imec-Hasselt: materiaalonderzoek](#)

In 2001 volgt de oprichting van een **Instituut voor Materiaalonderzoek in Micro-elektronica (IMOMECE)** op de Diepenbeek-campus van de Limburgse universiteit. IMOMECE werkt intensief

samen IMO (Institute for Materials Research at UHasselt), dat zich meer op de fundamentele aspecten van het onderzoek concentreert, terwijl IMOMEC zich focust op toegepast onderzoek in samenwerking met industriële partners.

Het onderzoek zelf spitst zich toe op halfgeleidermaterialen voor hoogvermogenoepassingen, op organische materialen voor flexibele elektronica, op productiemethoden voor nanomaterialen en op biosensoren.

Een eerste spin-offbedrijf is *EpiGaN* in Hasselt (2010). EpiGaN werd opgericht door dr. Marianne Germain, dr. Stefan Degroote en dr. Joff Derluyn. Gedurende hun onderzoekswerk bij imec ontwikkelen zij een proces om GaN uit de gasfase te groeien op siliciumplakken (wafers) als drager. In tegenstelling tot silicium is GaN uiterst geschikt voor de fabricatie van componenten voor hoogvermogenoepassingen. Deze wafers worden geleverd aan de producenten van halfgeleiders voor hernieuwbare energiebronnen, in de consumentenelektronica, hybride en elektrische voertuigen en draadloze radiofrequentie stations (RF-stations). Een zeer snel expanderende markt.

In 2012 investeren Robert Bosch, Capricorn Cleantech Fund, LRM, het Chinese A Capital en het managementteam 9 miljoen EUR in het bedrijf en bouwt EpiGaN een nieuwe clean room op de Corda-campus in Diepenbeek. De unieke technologie van EpiGaN is zeer succesvol en speelt een belangrijke rol in de verdere ontwikkeling van de opkomende draadloze 5G-standaard.

Een interessant target dus voor Soitec, marktleider in het ontwerp en de productie van innovatieve halfgeleidermaterialen, en genoteerd op Euronext in Parijs. In 2020 legt Soitec 30 miljoen EUR op tafel voor de overname, plus een extra *earn out*-betaling na de voltooiing van bepaalde mijlpalen. EpiGaN wordt dan Soitec Belgium nv. De totale markt voor de producten op basis van de EpiGaN-technologie wordt geraamd op 500.000 tot 1 miljoen wafers (halfgeleiders) per jaar.

Imec-Brussel

Onder leiding van professor Jan Cornelis wordt aan de Vrije Universiteit Brussel (VUB) een affiliatie opgestart met het ETRO (VUB Department of Electronics and Informatics). Professor Peter Schellekens leidt er het onderzoek naar computer gegenereerde holografie. Holografie is een techniek om een driedimensionale afbeelding van een object te maken, met gebruik van een plat vlak in de vorm van een fotografische film of sensor. Deze techniek kent tal van toepassingen, maar vereist tot nu toe massaal veel geheugen en rekencapaciteit. De groep van professor Schellekens werkt aan nieuwe algoritmen die veel minder dataopslag en rekencapaciteit vragen, zodat holografie aanzienlijk goedkoper gemaakt kan worden en deel kan worden van tal van toepassingen voor het grote publiek. Professor Piet Wambacq werkt samen met imec aan analoge schakelingen voor

draadloze zenderontvangers die gebruik maken van millimetergolven en aan analoge ontwerptechnieken voor CMOS-technologieën op de nanometerschaal.

Imec-Nederland: het Holst Centre

In 2005 starten imec en de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Wetenschappelijk Onderzoek (TNO) het *Holst Centre* op de hightechcampus van Eindhoven. Het Holst Centre is genaamd naar Gilles Holst, de Nederlandse R&D-pionier en eerste directeur van het Philips Natuurkundig Laboratorium. Het specialiseert zich in draadloze sensortechnologie en 'flexibele' elektronica voor de ontwikkeling van kleine microsystemen die autonoom functioneren en draadloos communiceren met individuen en met elkaar. Toepassingen in de gezondheidszorg laten toe medische informatie van patiënten onmiddellijk ter beschikking te stellen van verzorgers. Met flexibele elektronica kunnen elektronische systemen afgedrukt worden op ultradunne, ultralichte en plooibare substraten, zoals plasticstoffen, textiel en metaalfolie. Deze technologie is uiterst geschikt voor de vervaardiging van 'wegwerp-' of 'herbruikbare' producten die in grote formaten, in massa en tegen een lage kostprijs geproduceerd worden. Het Holst Center heeft een researchstaf van ongeveer 180 medewerkers uit 28 nationaliteiten en werkt samen met een vijftigtal industriële partners.

IMEC als opleiding- en servicepartner

De inplanting van de micro-elektronica in het economisch weefsel van lokale gemeenschappen is een belangrijk aspect van de visie van Van Overstraeten en De Man. Doel daarbij is het koppelen van het wetenschappelijk onderzoeks- en ontwikkelingslaboratorium van imec aan vorming, opleiding en dienstverlening aan universiteiten, hogescholen en lokale industrie.

Daartoe werd al in 1982 het Industrieel Vormingscentrum voor Micro-Elektronica (INVOMECE) opgericht, dat in 1985 volledig geïntegreerd werd in imec. INVOMECE stelt aan de universiteiten en de industriële hogescholen een gedecentraliseerd computernetwerk ter beschikking met honderden werkstations en pc's. Daarop stelt het CAD-software en -opleidingsprogramma's, bibliotheken van standaardcellen en *gate arrays* ter beschikking. Dat levert de universiteiten en hogescholen de mogelijkheid zelf geïntegreerde schakelingen op maat te ontwerpen en deze op een standaard processinglijn bij imec of andere *silicon foundries* geassocieerd met imec te fabriceren. Hierdoor ontstaat een netwerk van ontwerp en prototypeproductie van chips, dat via de hogescholen ook doorvloeit naar lokale, kleine ondernemingen met wie de hogescholen samenwerken. Daarnaast organiseert INVOMECE bijscholingsprogramma's en permanente vorming voor kleine en grote ondernemingen. In dat kader heeft imec een afdeling *Imec Asic Services* opgericht, die ontwerpsservices en prototypeproductie van klantgerichte chips levert aan lokale ondernemingen.

Het imec-businessmodel steunt op de overtuiging dat langetermijnsucces verzekerd wordt door een evenwichtige en gelijktijdige evolutie van grondig wetenschappelijk onderzoek en daarop gebaseerde technologische ontwikkeling. Dit resulteert over tijd in een steeds breder en dieper reservoir van technologie en kennis, dat imec toelaat R&D-opportunities onmiddellijk aan te passen aan snelle evoluties en een zeer gevarieerd technologisch aanbod beschikbaar te stellen aan een brede waaier van industriële partners.

De kern van imecs technologisch kunnen blijft de piloot-productielijn in CMOS, die imec continu verfijnt en opwaardeert in de overtuiging dat CMOS-technologie de ruggengraat blijft van de micro-elektronica en een platform vormt dat onder meer nieuwe nanotechnologieën verankert. Imec start in 1984 met een clean room en pilootlijn die siliciumwafers van 125 millimeter diameter verwerkt voor componenten op de micronschaal. Vandaag beschikt imec over een state-of-the-art clean room voor 300mm-wafers en ontwikkelt, samen met de belangrijkste fabrikanten van chips en productieapparatuur wereldwijd, processen van de volgende generatie op de nanometer schaal². Diezelfde CMOS-technologie kan ook gebruikt worden om zogenaamde *More-than-Moore*-systemen op chip te ontwerpen, zoals sensoren, beeldopnemers, medisch analyse chips, fotonica op chip enz.

Rond deze kern ontwikkelt imec dan ook gespecialiseerde R&D-programma's in de gezondheidszorg ('Human ++'), lage-energie- en draadloze verbinding, beeldsensoren en visuele systemen, fotonische zonnecellen, opto-elektronica, micro-elektromechanische systemen – MEMS – en in fotonische componenten voor het genereren, emissie, transmissie, het moduleren en opvangen van lichtsignalen.

Imec-spin-offs in Leuven

De spin-offbedrijven zijn 'academische spin-offs' die altijd ontstaan uit de visie, het idee en de ondernemingsdrang van een of meerdere imec-medewerker(s). Imec als eigenaar ontvangt stichtersaandelen in het spin-offbedrijf als vergoeding voor de technologieoverdracht en bedingt meestal ook samenwerkingsovereenkomsten met het spin-offbedrijf.

De initiatiefnemers zoeken startkapitaal voor hun onderneming bij investerings- en risicokapitaalfondsen. Imec start in 2000 een eigen investeringsfonds, FIDIMEC, dat de incubatie van startende bedrijven cofinanciert.

² 1 nanometer is 1 miljardste meter.

In 2020 heeft imec 121 spin-offbedrijven.³ Een catalogoog van alle spin-offs is hier minder op zijn plaats en we illustreren het fenomeen met een tiental korte opnamen in de verschillende technologietakken van imecs activiteiten.

CMOS-beeldsensoren

In het domein van de beeldvorming ontwikkelt *Xenics* (2000) infraroodcamera's en beeldvormingstechnologie voor toepassingen in de geneeskunde, robotvisie, transport en veiligheidsbewaking.

Een andere groep experts ontwikkelt in een merkwaardige opeenvolging van drie spin-offbedrijven gevorderde pixel-*CMOS-beeldsensoren (cameras-on-a-chip)* voor toepassingen in digitale fotografie, hogesnelheidsbeeldvorming en mobiele telefoons. Dit managementteam telt zeven leden, allen met imec-ervaring: ir. Tim Bayens, MSc Engineering Technology, sabbatical aan de MIT-Sloan School of Management; ir. Tim Blanchaert, MSc Electrical-Electronics Engineering; ir. Jan Bogaerts, PhD Microelectronics; ir. Luc De Mey, MBA (°1948) stichter-CEO; Lou Hermans, PhD fysica; Gérald Lepage, MSc Polytechnic Montpellier; en ir. Guy Meynants, PhD micro-elektronica.

Hun verhaal start met de oprichting in Antwerpen in 2000 van *FillFactory nv* en de ontwikkeling van beeldsensoren voor industriële, professionele, medische en wetenschappelijke toepassingen. FillFactory ontvangt ongeveer 10 miljoen EUR aan investeringen in 2000 en in 2003, onderschreven door Capricorn Ventures, Dow Chemical, Draper-Esprit in London, Fidimec, de Amerikaanse IT-Partners en Prelude Trust en het Italiaanse MCC Sofipa. In 2004 verwerft het bekende halfgeleiderbedrijf *Cypress Semiconductor* FillFactory voor 100 miljoen USD, waarop de legendarische Silicon Valley-CEO T.J. Rodgers verklaart:

FillFactory manufactures a range of state-of-the-art products such as a 13.85-megapixel device for Kodak professional cameras, a mammography sensor that is one of the world's largest sensors and radiation-tolerant products for use in aerospace applications. Leveraging Cypress' manufacturing know-how, FillFactory's focus will expand to profitable, high volume markets such as cell phones and automotive sensors.

Na een paar jaar stapt het managementteam van beeldsensorexperthen Cypress Semiconductor op en start eveneens in Antwerpen in 2007 een nieuw bedrijf, *CMOSIS* met Lou Hermans en Guy Meynants als stichters en opnieuw met Luc De Mey als CEO. Het bedrijf verzekert 1,2 miljoen EUR als startkapitaal van de stichters en van Capital-E en een extra 1,1 miljoen EUR in 2009,

³ <https://www.imec-int.com/en/spin-offs>

gevolgd door een investering van 4 miljoen EUR door PMV/VINNOF en ING-Activator. In een interview preciseert De Mey:

Ongeveer de helft van ons werk is maatwerk. Elke specifieke toepassing vergt specifieke sensoren. Meestal komen klanten naar ons omdat ze weten dat wij de enige zijn die het kunnen. Voor Leica ontwikkelen we alle high-end producten, nu al tot 2020. We werken op een dunne lijn tussen succes en mislukking.

CMOSIS ontwikkelt ook de NanEye-miniatur-cameramodules voor endoscopie en andere medische toepassingen. CMOSIS is een *fabless* bedrijf (geen productieactiviteit), dat sensoren ontwerpt maar de fabricatie uitbesteedt aan derden, aan het Frans-Italiaanse halfgeleiderconcern STMicroelectronics in Genève en aan TowerJazz in Israël, met vestigingen in de Verenigde Staten en in Japan. In 2013 wordt CMOSIS overgenomen door het bekende Amerikaanse private-equityfonds *TA Associates* in Boston voor een niet-gepubliceerd bedrag. TA Associates ondersteunt verder de ontwikkeling van het bedrijf, dat uiteindelijk in 2015 verkocht wordt aan het Oostenrijkse concern *austriamicrosystems AG* of *amsAG*, een wereldleider in het domein van beeldvorming voor een cashbetaling van 220 miljoen EUR. CMOSIS telt op dat ogenblik meer dan 110 werknemers, een omzet van 60 miljoen EUR en een winst na belastingen van ongeveer 10 miljoen EUR.

Bayens, Blanchaert, Bogaerts, Bart Ceulemans, en Wim Wuyts, allen veteranen van FillFactory en CMOSIS, starten in 2018 *Gpixel nv* in Antwerpen. Het is een zelfstandig bedrijf, dat opereert als Europees ontwerpcentrum in nauwe samenwerking en financiële ondersteuning van *GPixel, Inc.* in Changchun, China. Het Chinese bedrijf heeft ook een vestiging in Tokio. De groep GPixel concentreert zijn activiteit op het high-end marktsegment van industriële, medische, professionele en wetenschappelijke beeldvorming.

Fotovoltaïsche zonnecellen

Technologie voor fotovoltaïsche zonnecellen is samen met de oprichting van ESAT ontstaan onder leiding van professor Mertens en Van Overstraeten. De technologieontwikkeling gaat verder binnen imec met deelname aan verschillende Vlaamse en Europese ontwikkelingsprogramma's. In 1989 wordt *Soltech* opgericht met de bedoeling zowel fotovoltaïsche of PV-zonnecellen te produceren als ze tot PV-zonnepanelen te assembleren. In 2001 wordt beslist de ontwikkeling en de productie van de PV-zonnecellen af te splitsen in een afzonderlijke maatschappij, *Photovoltec*, met de Franse energieleiders GDF-Suez en Total als voornaamste aandeelhouders. Het is een correcte beslissing, overwegend dat zonnecellen andere technologieën en marketing vereisen dan assemblage van PV-zonnepanelen. Aanvankelijk evolueren beide bedrijven uitstekend. Dit is mede zowel gevolg als oorzaak van het feit dat België op wereldvlak een merkwaardige prestatie levert op het gebied van

productie van PV-energie in de mix van energiebronnen. In 2013 heeft België voor 2,9 GWp⁴ geïnstalleerd vermogen aan PV-systemen geïnstalleerd. Dat is 267,3 Wp per inwoner en vertegenwoordigt 14% van de huisconsumptie. In de Europese Unie bezet België daarmee de derde plaats, na Duitsland en Italië.

Het tijl keert rond 2010 als gevolg van overproductie en dumpingprijzen van Aziatische producenten, voornamelijk China. In 2012 sluit Photovoltec zijn deuren en de productie van PV-cellen wordt geïntegreerd in *Soltech*, dat zich verder ontwikkelt als een leider in het integreren van klantgerichte PV-systemen in gebouwen, veiligheidssystemen, verlichtingsinstallaties voor zee- en luchthavens en in afgelegen pomp- en verlichtingsinstallaties.

In imec wordt het onderzoek- en ontwikkelingswerk verder toegespitst op het ontwikkelen van siliciumgebaseerde cellen met hoger rendement en van goedkope flexibele dunnefilm- en organische zonnecellen voor toepassingen in gebouwen, geneeskunde, automobiel en textiel. Dit onderzoek vindt nu plaats in een imec-affiliatie in Energyville (Genk).

De huidige siliciumtechnologie is relatief duur en heeft een rendement van circa 20%. Door het rendement te verhogen is er minder materiaal nodig voor eenzelfde energieopbrengst. Imec/Energyville werkt nu aan de ontwikkeling van *tandemcellen*, waarbij boven op de siliciumcel een tweede dunne doorzichtig cel wordt aangebracht die in tandem met de siliciumcel een complementair deel van het zonnenspectrum gebruikt voor energieopwekking. Die dunne cel wordt gemaakt in perovskiet, een doorzichtig materiaal dat door een goedkoop drukproces wordt aangebracht. Met een omzettingsefficiëntie (rendement) van 27,1% scoort deze tandemconstructie nu al beter dan een standalone-siliciumcel en er is nog ruimte voor verdere verbetering.

Imec/Energyville en UHasselt zijn ook partners in het Europese project ArteSun voor het ontwikkelen van organische zonnecellen. Organische materialen, zoals polymeermoleculen, opgelost in een solvent laten na verdamping een zeer dunne actieve laag achter, die op praktisch ieder soort oppervlak of substraat flexibel aangebracht kan worden, van textielstoffen tot golfplaten, ramen en dakpannen. De materiaalkost is een factor 10-20 goedkoper dan het silicium. Veel problemen vragen om een oplossing, zoals het behalen van een voldoende rendement. Waar het rendement van silicium-PV's circa 20% bedraagt, rapporteert imec nu een rendement van 9,7%. Verder dient de chemische stabiliteit van organische cellen verbeterd te worden zonder de flexibiliteit te schaden. Commercieel-industriële exploitatie is niet voor morgen, maar de toekomst voor grootschalig industriële toepassing van deze technologie is in ieder geval bemoedigend.

⁴ Wp staat voor wattpiek. Dat is het maximumvermogen in watt dat een zonnecel kan leveren onder optimale omstandigheden.

Biomedische elektronica

More-than-Moore-chiptechnologie is een uitbreiding van CMOS-technologie die toelaat om klinisch laboratorium onderzoeken op nanoschaal te integreren op chip. Dit is een van de sleuteltechnologieën die een grote impact hebben op de gezondheidszorg en op medisch en biologisch onderzoek. Imec heeft van medische elektronica in *life sciences* een speerpuntactie gemaakt en een aantal primeurs op wereldschaal geleverd.

NERF

In 2010 wordt *NERF* (Neuro-Electronics Research Flanders) boven de doopvont gehouden. *NERF* is een onderzoeksinitiatief bekrachtigd door imec, VIB en KU Leuven en wordt ondersteund door de Vlaamse overheid. Binnen *NERF* bundelen deze drie Vlaamse expertisecentra hun kennis in verschillende disciplines: nano-elektronica, biotechnologie en neurologie, om zo doorbraken te realiseren in het ontrafelen van de werking van de hersenen. In deze context ontwikkelt imec de **CMOS Multi-Electrode Array-chip (MEA-chip)**. Deze chip dient om de chemische en elektrische interactie tussen neuronen en zenuwcellen te monitoren en te beïnvloeden. De CMOS MEA-chip is een baanbrekende vernieuwing die een recordaantal van 16.384 actieve elektroden ieder met eigen CMOS-signaalverwerking bevat. De elektroden zijn verdeeld over 16 groepen van elk 1024 elektroden die afzonderlijk ingezet kunnen worden, wat 16 onafhankelijke en gelijktijdige experimenten en uitlezingen mogelijk maakt. Dit alles op één CMOS-chip. De 16.384 elektroden kunnen nauwkeurig signalen lezen en analyseren tussen en binnen cellen en tevens de cellen chemisch of elektrisch stimuleren.

De zestien groepen bevatten microscopisch kleine vloeistofkanaaltjes met cultuurmedium waarin cellen gekweekt en ontwikkeld kunnen worden tot microweefsels. Zo kunnen hartcellen of hersencellen er ontwikkeld worden tot hart- of hersenweefsel, piepkleine *heart-on-a-chip*- en *brain-on-a-chip*-organen. Dat opent nieuwe perspectieven voor het in vitro testen van nieuwe geneesmiddelen in een relevante biologische context. Imecs *organ-on-a-chip*-platform is het eerste systeem dat toelaat verschillende testmengsels in parallel te testen op één enkele chip.

Meer recent groeien uit imec een drietal belovende biomedische spin-offs.

Bloom Technologies

Bloom Technologies (2014) wordt opgericht in San Francisco met een vestiging in de Limburgse BioVille-incubator in Diepenbeek. Het bedrijf ontwikkelt en commercialiseert de eerste draagbare sensoren voor de opvolging van moeder en kind tijdens en na de zwangerschap. Het eerste product, een draagbare contractiesensor, meet frequentie, duur en intensiteit van barensweeën en maakt een

onderscheid tussen ‘oefenweeën’ en echte barenswéeën. Bloom Technologies sloot in 2015 een partnerschap met UCSF, gefinancierd door Salesforce-stichters Marc en Lynne Benioff, voor de ontwikkeling en validatie van draagbare toestellen om de risico’s van premature geboorten te verminderen en te beheren. In 2016 bekroont Richard Branson, stichter van de Virgin-group, Eric Dy, stichter en CEO van Bloom Technologies, met zijn Extreme Tech Challenge-award.

MiDiagnostics

In samenwerking met de Johns Hopkins University in Baltimore start imec in 2015 het **miDiagnostics**-project in de sector van de proactieve, gepersonaliseerde geneeskunde. De miLab-chip is een ‘wegwerpchip’ gekoppeld aan een smartphoneplatform en laat gebruikers toe met een prikje in de vinger een volledige, individuele bloedanalyse te doen (DNA, proteïnen, bloedcellen, virussen enzovoort). De resultaten zijn binnen het kwartier zichtbaar op het scherm en kunnen doorgestuurd worden naar de dokter. Imec ontwikkelt de miLab-chip en Johns Hopkins verzorgt de testprocessen en klinische validatie in voorbereiding van een FDA-procedure. MiDiagnostics verkrijgt 60 miljoen EUR bij een eerste financiering, voornamelijk van ondernemers-investeerdere Marc Coucke en Michel Akkermans en de PMV. In 2019 volgt een investeringsronde van 19 miljoen EUR door bestaande aandeelhouders en de vooraanstaande investeerders in *life sciences* en technologie dr. Rudi Pauwels en dr. ir. Urbain Vandeurzen.

Software voor simulatie en optimalisering van nano-elektronische structuren

Chips op de nanometerschaal werken op steeds hogere frequenties van 1 GHz⁵ tot 1 THz waarbij, ook op chipniveau, rekening gehouden moet worden met elektromagnetische aspecten. Ook dient men op de nanoschaal rekening te houden met kwantummechanische effecten om het gedrag van geïntegreerde componenten te voorspellen. Op imec ontwikkelen al in de jaren negentig dr. Wim Schoenmaker en dr. Peter Geuris computerprogramma’s om deze aspecten op te nemen in het ontwerp van toekomstige CMOS-processen.

In 2003 richten zij de spin-off **Magwel** op, die EDA-softwareprogramma’s voor het automatisch ontwerpen, modelleren, verifiëren en optimaliseren van driedimensionale elektronische schakelingen en systemen op nanometerschaal. Hun business creëert en analyseert een 3D-beeld van de volledige stapel van opeenvolgende lagen in een halfgeleiderstructuur en viseert de ontwerpingenieurs van de belangrijkste halfgeleiderbedrijven in Europa en de Verenigde Staten. Magwel heeft bedrijfseenheden in Leuven en in San Jose, Californië. In 2008 verwerft Magwel de ESAT-spin-off *Kimotion Technologies*, eveneens in 2003 opgericht, dat EDA-software ontwikkelt

⁵ 1 GHz (gigahertz) staat voor 1 miljard Hz (trillingen per seconde), 1 THz (terahertz) voor 1000 miljard Hz.

voor het ontwerp en de lay-out van schakelingen met analoge of gemengd analogoog-digitale inhoud en signalen. *Magwel* wordt geleid door CEO dr. Dundar Dumlugol, ex-imec en CADENCE, ontwikkelaar van circuitsimulatiesoftware.

Digitale signaalverwerking - DSP Valley

Hugo De Man zet het ESAT-onderzoek in CAD en EDA-systemen verder binnen imec. Waar in ESAT professor Georges Gielen CAD ontwikkelt voor analoge en gemengd analogoog-digitale schakelingen, ligt de focus bij imec op EDA voor het ontwerp van chips voor digitale signaalverwerking (DSP). De start van imec in 1984 valt samen met de opkomst van digitale audio- en videotoeepassingen, terwijl in 1983 in de Verenigde Staten uit ARPANET het digitale internet ontluikt en in Europa, met de opkomst van de gsm, de grondslagen van draadloze digitale communicatie gelegd worden. DSP-chips spelen daarin een cruciale rol. Maar DSP vraagt zeer veel rekenkracht voor een lage kost en een laag energieverbruik. Daarbij moet de ontwerpbeurt zo laag mogelijk gehouden worden.

In het kader van het Europese onderzoeksprogramma ESPRIT slaagt professor De Man erin een onderzoeksproject op te starten om EDA te ontwikkelen om klantgerichte DSP-chips te ontwerpen, in samenwerking met Philips, Siemens, BTMC, de Ruhr-universiteit en Silvar-Lisco.

De uitdaging daarbij is het overbruggen van de kloof tussen de softwarewereld van DSP-ontwerpers en chiphardware. Daartoe ontwikkelt het consortium een *silicon compiler* voor het ontwerp van klantgerichte DSP-multiprocessor-chips. Een silicon compiler is een softwaresysteem dat DSP-algoritmen, beschreven door een DSP-specialist, interactief vertaalt in een chiparchitectuur en die omzet in de productietekening (lay-out) in een gegeven CMOS-technologie. Dit resulteert in de CATHEDRAL Silicon Compiler.

Philips is vanaf het begin nauw betrokken bij het DSP-onderzoek in ESAT en imec vanwege de snelle ontwikkeling van digitale audio en video. Dat gebeurt eerst op het niveau van Philips-Leuven en later met het Philips International Technology Center (Philips-ICTL) in Eindhoven.

Hugo De Man, André Oosterlinck, Roger Van Overstraeten en Johan Van Ginderdeuren, business-developmentmanager bij Philips ICTL, zijn overtuigd dat het ontwerp van hardware- en softwaretechnologie voor DSP-systemen zeer complexe, multidisciplinaire inspanningen vereist. Daarom stichten ze in 1992 in Haasrode (Leuven) de netwerkorganisatie **DSP Valley**.

DSP Valley vormt een onafhankelijke cluster van uitstekende centra werkzaam in slimme (*smart*) elektronica en ingebouwde (*embedded*) technologische oplossingen in domeinen zoals digitale geluid- en beeldvorming, telecommunicatie en navigatietechnologieën. Universiteiten,

onderzoekscentra, multinationale, grote en kleine bedrijven met ontwikkelingsprogramma's in deze domeinen maken deel uit van het netwerk. DSP Valley biedt haar leden een netwerkplatform dat via workshops, B2B- en *Academia-to-Business*-forums en publicaties de leden aanspoort complementariteit te identificeren en uit te baten om innovatie te stimuleren. DSP Valley is thans gestructureerd in verschillende *Special Interest Groups* (SIG's), die informatie uitwisselen in een specifiek domein, en allianties en partnerships tussen leden van een SIG stimuleren om nieuwe projecten of businessopportunities te ontwikkelen. SIG's zijn thans actief in domeinen zoals Smart Health, Smart Home, Smart Vision en Smart Cities.

DSP Valley is ondertussen uitgegroeid tot een van de belangrijkste technologieclusters in Europa met meer dan honderd leden. Ze strekt zich uit van Leuven tot Eindhoven met de bedoeling een driehoek te vormen met Aachen en zo de al lang gekoesterde ELAT-droom (de Eindhoven-Leuven-Aachen Triangle) als een technologische topregio te ontwikkelen.

Na afloop van het ESPRIT-project besluiten Philips en imec de commerciële exploitatie van CATHEDRAL toe te vertrouwen aan Silvar-Lisco.

Na de overname van Silvar-Lisco nv door Mentor-Graphics wordt CATHEDRAL verder ontwikkeld in het European Development Center (EDC) van Mentor Graphics, voornamelijk in informatie-, telecommunicatie- en multimediatoepassingen. Talrijke ASIC's vinden hun weg in cd-, gsm- en digitale-tv-toepassingen, zowel in België als wereldwijd. EDC wordt geleid door dr. Herman Beke, een van de Silvar-Lisco-stichters. In 1997 wordt het EDC onafhankelijk van Mentor Graphics en herrijst in **Frontier Design** met Beke als CEO. Frontier Design opent ontwerpcentra in Leuven en Melbourne, Florida. In 2001 ontstaat **Adelante Technologies** uit een fusie van Frontier Design en Philips Semiconductors, een spin-offbedrijf van Philips. Beke is CEO en Adelante ontwikkelt een familie van digitale signaalverwerkingskernen en de ontwerpmethodologie voor ingebouwde digitale signaalverwerking. In 2003 wordt Adelante Technologies overgenomen en geïntegreerd in de activiteiten van het Britse ARM Holdings. Beke wordt er Senior System Consultant.

Onder impuls van dr. Ivo Bolsens ontwikkelen imec en DSP Valley-partners ook EDA-software die toelaat gelijktijdig software- en hardwareprocessen te simuleren en te implementeren. Dit speelt in op de trend om DSP-systemen te ontwerpen waarbij, naast vaste hardwarecomponenten, ook klantgerichte programmeerbare processoren voorkomen. Zulke systemen hebben een veel ruimer toepassingsgebied en kunnen geüpdatet worden met nieuwe of verbeterde functionaliteit.

Deze *co-ware*-technologie resulteert in 1996 in de oprichting van een nieuw spin-offbedrijf, **CoWare, Inc.** in San Jose, in het hart van Silicon Valley, geleid door Guido Arnout, eveneens een medestichter van Silvar-Lisco. De kern van de CoWare-technologie is een systeemtaal en -syntaxis, System C, dat de gelijktijdig ontwikkelde software en hardware processen met elkaar laat communiceren in een realtimeomgeving, wat resulteert in de systeem-, architectuur-, prestatie en synthese van nieuwe elektronische systemen. Arnout en CoWare zijn de medestichters van het Open System C Initiative (OSCI), een industriële beroepsorganisatie die System C verbetert en promoveert en door het Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) erkend wordt als de standaard *proof of concept*-taal voor de industrie. In 2004 sluit CoWare een partnerschapovereenkomst met een andere imec-spin-off, **PowerEscape, Inc.**, dat Arnout het jaar voordien opgericht had om het energieverbruik in elektronische systemen te reduceren door implementatie van nieuwe algoritmen. Na de verkoop van PowerEscape aan de Britse multinational ARM-Holdings in 2006 en van CoWare aan Synopsys, Inc. in 2010 wordt Arnout beheerder-adviseur bij verschillende start-upbedrijven in Silicon Valley en CEO van 4DS Inc., een Australisch bedrijf gespecialiseerd in de ontwikkeling van energiebesparende keramische geheugenelementen (ReRAM) voor het opslaan van gegevens in mobiele elektronische systemen, zoals mobiele telefoons, intelligente *smart*-telefoons, laptopcomputers, cd- en dvd-spelers.

Uit dezelfde imec-DSP-Valley-voedingsbodem ontstaat in 1996 ook Target Compiler Technologies voor ontwerp, synthese en verificatie van Application Specific Instruction Set Processors (ASIPs). De oorspronkelijke CATHEDRAL-software is bedoeld om hard bedrade processoren te ontwerpen, waarvan het gedrag dus vastligt. Een ASIP daarentegen is een in de C-taal programmeerbare DSP-processor met een instructieverzameling die op maat van een toepassingsdomein gemaakt wordt. Hier wordt niet alleen de processorarchitectuur gesynthetiseerd, maar ook de daarbij horende softwarecompiler.

Dit laat toe efficiëntere DSP-processoren te ontwerpen waarvan het gedrag geüpdatet kan worden. Target wordt opgericht en geleid door vier PhD-medewerkers van imec: Gert Goossens, Werner Geurts, Dirk Lanneer en Johan Van Praet. Dit werk past ook uitstekend in de CoWare-filosofie en zo wordt in 2014 Target eveneens geïntegreerd in Synopsys, Inc., dat hierdoor een van de belangrijkste spelers wordt op de expanderende DSP-markt.

Telecommunicatie

In de draadloze telecommunicatie ontwikkelt **Sirius** (1996) chip-op-maatoplossingen en zenderontvangers voor mobiele telefoons en satellietcommunicatiesystemen. Sirius is zoals *AlphaBit* sinds 2001 geïntegreerd in *Agilent Technologies* als het ontwerpcentrum voor mobiele

telefoon toepassingen van de derde generatie. In dezelfde sector produceert **M4S** (2007) draadloze RF-chips voor mobiele toepassingen, onder meer een RF-zender-ontvanger op één chip voor de mobiele telefoonmarkt. M4S werd mede opgericht door Ivo Vandeweerd, PhD, medestichter van *Easics* en Peter Vanbekbergen, PhD. In 2010 wordt M4S, zoals Caliopa drie jaar later, geïntegreerd in het Chinese Huawei. **Acunia** (1996) ontwikkelt en produceert ingebouwde soft- en hardwarecomponenten voor een open-telematicaplatform met een filiaal in Cambridge (Boston). Sinds 2004 behoort Acunia tot de Belgische elektronische componentengroep Punch International nv.

Het snel groeiend Septentrio (2000) met verkoopkantoor in Los Angeles produceert high-end en zeer precieze Global Navigation Satellite System-ontvangers (GNSS) voor gebruik in systemen zoals het Amerikaanse Global Positioning System (gps), het Russische Glonass, het Chinese Compass of het Europese Galileo. Septentrio ontwikkelt en produceert precisieontvangers ‘op maat’ voor toepassingen in precisielandbouw, voor de complexe transport- en verplaatsingsoperaties van containers in terminals, in gebouwenconstructies, voor grote baggeroperaties enzovoort.

In de sector van de sensoren sticht Johan Danneels, de voormalige CEO van Mietec en van Alcatel Microelectronics, het bedrijf **Essensium** (2005). Essensium ontwikkelt draadloze sensornetwerken voor de accurate en doorlopende tracking van vorklift- en palletbewegingen in pakhuizen en containerterminals, voor de tracking van mobiele uitrustingen op de tarmac in luchthavens, het sorteren van bagages in de ontvangstarCADES of de bewegingen van apparatuur in de onderhoudshangars.

Risicokapitaal: Capital-E en imec.xpand

Naast Fidimec is imec ook nauw verbonden met het risicokapitaalfonds **Capital-E**, dat in 2011 in Antwerpen werd opgericht door managingpartners Lou Hermans, PhD en Marc Wachsmuth, MSc. Lou Hermans is medestichter van FillFactory (2000) en CMOSIS (2007) in het domein van beeldsensoren. In 2011 zet hij de stap naar het risicokapitaal en Capital-E investeert in CMOSIS. Ir. Marc Wachsmuth is elektromechanisch ingenieur van de VUB en de ULiège en het Cranfield Institute of Technology in het VK. Nadien behaalt hij een postgraduaat in *financing* aan de Solvay Business School van de ULBruxelles. Wachsmuth was project- en businessmanager bij Atlas Copco in Japan en Altran Technologies in Frankrijk en Executive Investment Manager bij Gimv.

Capital-E focust zijn activiteiten exclusief op Europese start-upbedrijven in micro- en nano-elektronica en telt imec als hoeksteen-investeerder en strategische partner, samen met onder meer BNP Paribas Fortis, het Europees Investeringsfonds (EIF), FPIM, ING Private Equity, PMV en

Vesalius Biocapital. Bij de 56 miljoen EUR kapitalisatie van het Capital-E-Fonds II in 2015 worden ook Belfius en de Limburgse Reconversie maatschappij (LRM) nieuwe investeringspartners. Sinds zijn oprichting investeert Capital-E in een twintigtal start-upbedrijven, waarvan de helft in het buitenland, voornamelijk in Duitsland, Frankrijk en het VK.

In 2017 start imec een eigen risicokapitaalfonds, **imec.xpand**, en krijgt 117 miljoen EUR bijeen, onderschreven door imec, de universiteiten van Brussel, Gent en Leuven, het Amerikaanse Applied Materials, de Brabantse Ontwikkelingsmaatschappij (BOM), Belfius Insurance, BNP Paribas Fortis, de Federale Participatie en Investeringsmaatschappij (FPIM), KBC-groep, het Nederlandse KPN-Ventures, PMV, Philips, de Koreaanse elektronica bedrijven Samsung Electronics en SK Hynix.

Het fonds is onafhankelijk van imec en wordt geleid door vier managingpartners met bewezen business-, risicokapitaal- en ondernemingservaring. Peter Vanbekbergen is PhD toegepaste wetenschappen-elektronica KU Leuven, medestichter van het fonds en ondernemer met start-upervaring bij M4S en CoWare. Tom Vanhoutte, MBA KU Leuven is eveneens medestichter en heeft twintig jaar ervaring in risicokapitaal en private equity bij PriceWaterhouseCoopers (PwC) in New York en Capricorn Venture Partners in Leuven. Frank Bulens, industrieel ingenieur scheikunde/biochemie en PhD in medische wetenschappen aan de KU Leuven, is van 2009 tot 2017 Partner bij Capricorn Venture Partners, waar hij voornamelijk de *Healthcare*-portfolio beheert. Voordien was hij executive investeringsmanager in de groep levenswetenschappen van de Gimv. Cyril Vančura, PhD fysica ETH-Zürich en MBA Harvard University is Senior Investment Directeur van Robert Bosch Venture Capital GmbH en voordien General Partner van Ecosystem Ventures LLC.

Imec.xpand concentreert zich op hardware gedreven innovatieve ontwikkelingen in nanotechnologie. De eerste investeringen van het fonds zijn voornamelijk in de medische technologie. **Pulsify Medical** (2019) ontwikkelt in Leuven draagbare, op ultrasound gebaseerde patches die continu niet-invasieve, nauwkeurige monitoring van de hartfunctie mogelijk maken. **Onera Health** (2019) ontwikkelt in Palo-Alto, Californië en Eindhoven niet-invasieve patches voor de diagnose en monitoring van slaapstoornissen en steunt op artificiële-intelligentietechnieken en een octrooi van UGent. **Morrow** (2016) ontwikkelt in Gent automatisch instelbare contactlenstechnologie. De *autofocals* gebruiken een dunne laag vloeibare kristallen verspreid binnen de lens waarbij de refractie-index elektrisch aangepast wordt door kleine batterijen in het brilmontuur met een autonomie van één week en oplaadbaar in minder dan één uur. Met imec.xpand zijn ook PMV, QBic, het Belgisch-Japanse Tokai Optecs en New Science Ventures in New York mede-investeerders in Morrow.

Daarnaast werkt imec jaarlijks samen met meer dan vijfhonderd Vlaamse partners. Ook ondersteunt imec Vlaamse bedrijven via het programma imec.icon. In 2019 bestond ongeveer 70% van de zakenpartners uit nieuwe partners, tussen 40% en 60% van de zakenpartners waren kmo's. Via het business-acceleratorprogramma imec.istart ondersteunt imec ook bedrijven. De portefeuille van imec.istart bestaat momenteel uit iets minder dan tweehonderd bedrijven. Samen hebben ze al meer dan 1500 voltijdse banen gecreëerd, met een totale omzet van meer dan 120 miljoen euro. Gezien het jonge profiel van deze startende bedrijven groeien deze cijfers zeer snel: zowel qua werkgelegenheid als qua omzet realiseren ze een groeipercentage van 30% per jaar of meer voor de hele portefeuille.

Imec-profiel

Dit alles leidt tot een imec-organisatie die over 36 jaar (1984-2020) uitgroeit tot een wereldwijd bekend en bewonderd ICT-centrum, zeker het belangrijkste in Europa. Op wereldschaal is imec het enige onafhankelijk ontwikkelingscentrum waar de halfgeleiderindustrie terecht kan om nieuwe technologieën en configuraties te ontwikkelen en te testen. De in 2013 afgewerkte imec-toren op de Arenbergcampus is het symbool en de bekroning van de uitzonderlijke ontwikkeling die de organisatie heeft gekend tijdens de ambtstermijn (1999-2009) van algemeen directeur Gilbert Declerck.

In 2009 wordt Declerck opgevolgd door ir. Luc Van den hove, PhD (°1961). Van den hove is gevormd in het ESAT-laboratorium en heeft zijn loopbaan vanaf 1984 volledig bij imec doorgebracht. In 2007 wordt hij chief operating officer en executive vice-president. Als CEO ontwikkelt Van den hove imec tot een wereldleider in de micro- en nano-elektronica met een inkomensstroom in 2019 van meer dan 640 miljoen EUR, waarvan 70% buiten Europa verdiend wordt en 15% lokaal in de Vlaamse regio. Met 191 eerste octrooiaanvragen in 2017 is imec de tweede (na Solvay) belangrijkste Belgische octrooiaanvrager in Europa. Imec telt meer dan 4500 medewerkers met 88 nationaliteiten en een tewerkstellingspool van 8900 jobs met inbegrip van afgeleide jobs bij toeleveranciers en spin-offs. Als onderzoeksinstituut in de micro- en nanotechnologieën kent imec op wereldvlak weinig of geen competitie. Imec is internationaal uitgebouwd met vestigingen in Nederland (het Holst Center), China, India, Japan, Taiwan en in de Verenigde Staten. Imecs industriële ecosysteem telt samenwerkingscontracten met 600 bedrijven en 208 universiteiten wereldwijd, waaronder Intel, Janssen Pharmaceutica en Philips en voornamelijk in het Verre Oosten van Samsung tot Toshiba en van LG en Fujitsu tot Panasonic en Sony.

Na de fusie met **i-Minds** in 2016 breidt imec zijn portfolio uit tot nieuwe onderzoek domeinen:

- Het City of Things-programma combineert sensor- en chiptechnologie met expertise in software en apps om oplossingen te ontwikkelen voor een duurzame slimme stad.
- Binnen het ichange-programma werken experts in draadloze sensoren samen met hun collega's van imec.livinglabs en sociologen van de imec-SMIT-groep aan de VUB om mensen aan te zetten tot een duurzame gedragsverandering die hun gezondheid ten goede komt.
- De combinatie van LIDAR-technologie, die door laserpulsen objecten detecteert, met beeldverwerking en -interpretatie zoekt naar oplossingen voor de zelfrijdende auto.
- In het domein van artificiële intelligentie (AI) ontwikkelt imec zowel zelflerende chips die gebaseerd zijn op de werking van de hersenen als algoritmen voor gedistribueerde machine learning. Dit zijn essentiële onderdelen van zelfrijdende wagens die continu in verbinding staan met hun wisselende omgeving en onmiddellijk moeten reageren.
- In cybersecurity exploiteert imec de onvermijdelijk kleine variaties tijdens de chipproductie om elke chip een unieke vingerafdruk te geven, zodat ondubbelzinnige chipauthenticatie mogelijk wordt en internettoepassingen veel veiliger gemaakt kunnen worden.

ESAT vindt zichzelf opnieuw uit: ESAT II

André Oosterlinck werd door rector De Somer in 1984 benoemd tot gewoon hoogleraar, met als expliciete eerste opdracht de boedelscheiding tussen het moederdepartement ESAT en het pas opgerichte imec tot een goed einde te brengen. Dit was absoluut een uitdagende en complexe uitdaging, omdat naderhand een zeer aanzienlijk deel van de professoren, onderzoekers en infrastructuur fysiek zou verhuizen naar de nieuwbouw van imec. Dit resulteerde in soms pittige discussies met imec-directeur Roger Van Overstraeten, die tot dan toe een van de drijvende krachten van ESAT was geweest. Tegelijkertijd moest aan het deel van ESAT dat de overstap niet maakte, een nieuwe, vitale impuls gegeven worden.

De aderlating van talent, die initieel werd gevreesd door de fysieke verhuis van de 'imec'ers', heeft nooit plaatsgevonden. Integendeel, de verhuis heeft voor de nodige zuurstof gezorgd waardoor nieuwe onderzoeksdomeinen, die niet behoorden tot het 'siliciumbiotoop' van imec, de kans kregen zich te ontwikkelen. Tot op de dag van vandaag is de complementariteit tussen imec, dat zich historisch op hardware concentreerde, en ESAT, waar vooral algoritmen en software worden ontwikkeld, bijzonder groot, wat zich trouwens ook uit in een groot aantal samenwerkingsverbanden tussen beide.

Vooreerst bracht Oosterlinck zijn eigen onderzoeksgroep van ingenieurs, die tot dan behoorden tot de faculteit geneeskunde, over naar ESAT. Dit vormde de wieg van toponderzoekers die later eigen onderzoeksgroepen rond de industriële (prof. dr. Luc Van Gool, ook hoogleraar aan ETH Zürich) en medische beeldverwerking (prof. dr. Paul Suetens) zouden leiden.

Een andere kiem werd gevormd door de onderzoeksgroep van Willy Sansen, die de overstap naar ESAT niet maakte. De huidige generatie van hoogleraren, zoals onder anderen prof. dr. Michiel Steyaert (°1959) en prof. dr. Georges Gielen (°1963), werden door hem opgeleid. Bestaande beginnende onderzoeksgroepen rond telecommunicatie en energie werden mee opgenomen in ESAT, en bovenal werden, onder leiding van prof. dr. Joos Vandewalle, nieuwe onderzoeksdomeinen aangesneden, zoals systeemtheorie, systeemidentificatie en geavanceerde regeltechniek, maar ook cryptografie. Net zoals Roger Van Overstraeten twintig jaar voordien heel wat rolmodellen meegebracht had uit Silicon Valley rond ‘chips’ en ‘hardware’, vervulde Joos Vandewalle diezelfde rol in deze nieuwe domeinen. Na een doctoraat bij Patrick Dewilde, die naderhand hoogleraar werd aan de TU Delft, maar ook in Stanford had gedoctoreerd, verbleef Joos Vandewalle PhD (°1948) gedurende drie jaar als *research associate and assistant professor* aan de universiteit van Berkeley. Vandewalle was op die manier de liason tussen de universiteiten van Stanford en Berkeley enerzijds, en Leuven anderzijds. Verschillende van zijn doctoraatsstudenten, zoals Bart De Moor, PhD (°1960), Sabine Van Huffel (°1959), Bart Preneel, PhD (°1963) en Ingrid Verbauwhede, PhD (°1962) en vele anderen, waren instrumenteel in de verdere uitbouw van ESAT II. De professoren die in de jaren negentig de fakkel overnamen van de eerste generatie van ESAT-professoren, zijn stuk voor stuk uiterst bekwame, internationaal gerenommeerde maar ook ondernemende ingenieurs-professoren-navorsers. Zij hebben ESAT uitgebouwd tot wat het vandaag is: een van de grootste onderzoeksdepartementen van de KU Leuven, met meer dan veertig professoren, en enkele honderden onderzoekers en ondersteunend personeel. Velen daarvan genieten een wereldreputatie in hun domein, getuige daarvan de ettelijke zeer gereputeerde beurzen van de European Research Council (ERC), de tientallen doctoraten per jaar, onderzoeksprojecten bij alle mogelijke KU Leuven-, Vlaamse, federale, Europese en zelf buiten-Europese *funding agencies*, en niet in het minst de talrijke spin-offbedrijven die werden opgericht met de steun van LRD.

Vandaag de dag is ESAT georganiseerd in zes afdelingen.

Afdeling COSIC (Computer Security and Industrial Cryptography)

Deze afdeling ontwikkelt veiligheidssystemen die confidentialiteit, anonimiteit, authenticatie, verificatie van betalingen en waarheidsgetrouwheid van verkiezingen in het elektronisch verkeer waarborgen. De groep ontwerpt en ontwikkelt cryptografische algoritmen, protocollen en

veiligheidsarchitecturen voor informatie- en communicatiesystemen. De groep telt onder leiding van Bart Preneel een zestigtal academici en onderzoekers, die internationale faam verwerven in het zeer complexe en delicate domein van de cyberveiligheid en de bescherming van de privacy. COSIC werkt onder meer samen met Intel, NXP Semiconductors, Sony en Unilever. Twee medewerkers van Preneel, Vincent Rijmen (nu ook professor bij COSIC) en Joan Daemen, ontwikkelden de *Rijndael block cipher*, die door het National Institute for Standards and Technology (NIST) en de National Security Administration (NSA) als de Amerikaanse encryptiestandaard AES erkend is. Dit protocol is ingewerkt in de talloze elektronische devices die miljarden mensen dagelijks gebruiken. COSIC ontwerpt ook in de jaren negentig de specificaties van de chipkaart in alle creditcards.

Afdeling Electa

Deze afdeling, onder de kundige leiding van prof. dr. Ronnie Belmans, bestrijkt het brede domein van elektrische energiesystemen en omvat de robuuste regeling en sturing van elektrotechnische systemen en de ontwikkeling van toekomstige, intelligente energienetwerken (*Smart Grid*). Bovendien is Electa een van de belangrijkste initiatiefnemers (samen met imec en VITO) van het kenniscentrum *Energyville*, dat fysiek is gehuisvest in Genk. De groep telt meer dan honderd professoren, assistenten, postdoctorale medewerkers en technici.

Afdeling TELEMIC (Telecommunicatie en Microgolven)

TELEMIC focust op het onderzoek naar draadloze telecommunicatie, elektromagnetische theorie, antennes, en biomedische toepassingen. Het ontwikkelingswerk gebeurt meestal in de microwave- en millimetergolflengtes. De divisie telt een dertigtal medewerkers.

Afdeling MICAS (Micro-elektronica en Sensoren)

De afdeling werd opgestart door prof. dr. Willy Sansen, die na zijn emeritaat werd opgevolgd door Michiel Steyaert, Georges Gielen en verschillende andere jongere professoren. De onderzoeksactiviteiten situeren zich op het gebied van ontwerp en de ontwikkeling van IC's, sensoren en MEMS in analoge, digitale of gemengde signaalverwerking in CMOS en andere beschikbare micro- en nanotechnologieën voor toepassingen in computers, telecommunicatie, consumentenelektronica, biomedische systemen en automatisering. In de jaren negentig start de groep met het ontwerp van geïntegreerde RF-systemen voor draadloze communicatie. Deze groep telt een 70-tal medewerkers, waaronder 54 PhD-navorsers.

Het onderzoek in MICAS heeft al heel wat spin-offs opgeleverd:

ANSEM

Twee medewerkers van Willy Sansen, Frans Crols, PhD en ir. Stefan Gogaert, starten *AnSem* in 1998. AnSem verzorgt een gamma van diensten voor het ontwerp en de ontwikkeling van hoogperformante analoge en gemengde-signaal-IC's voor *RF CMOS*-communicatiesystemen, hogesnelheid-dataverwerking en -communicatie. AnSem ontwerpt en ontwikkelt zowel *Application Specific IC's (ASICs)* als *Field Programmable Gate Arrays (FPGA's)*. ASIC's zijn op maat ontworpen voor een specifieke functie, terwijl FPGA's herprogrammeerbaar zijn, ook na de fabricage voor een gewenste toepassing of functionaliteit. AnSem is een *fabless* halfgeleiderbedrijf dat ontwikkelt, ontwerpt, prototypes bouwt, meestal in samenwerking met ESAT-MICAS, en de prestaties uitmeet en valoriseert voor RF-toepassingen en cliënteel zoals Bluetooth, gps, WLAN en medische hoorapparaten (Cochlear), waarin AnSem een technisch leiderschap verwerft.

KIMOTION TECHNOLOGIES

Kimotion Technologies (2003) ontwikkelt analoge ontwerpsoftware, waaronder modelleer-, meet- en lay-outinstrumenten, die toelaten te werken met erg complexe, analoge, functionele blocks. Analooq ontwerp is moeizaam maar kritisch. Deze software helpt ontwerpelingenieurs om ontwerpen met duizenden transistors snel te meten en te lay-outen, zonder nadelig in te werken op de ontwerpprestaties. Kimotion opereert in Leuven en in Genève en wordt in 2008 geïntegreerd in *Magwell*, een imec-spinoff.

ICSENSE

ICsense wordt opgericht in 2004 door Wim Claes, PhD micro-elektronica en Chief Business Development Officer, en Bram De Muer, PhD micro-elektronica en CEO. Beiden zijn postdoctorale onderzoeksassistenten bij professor M. Steyaert. ICsense wordt een van de belangrijkste Europese ontwerpbedrijven van gemengde-signaal-IC's met ongeveer honderd ingenieurs-medewerkers in 2015. Het bedrijf specialiseert zich in analoge, gemengde-signaal- en hoogspannings-ASIC-ontwikkelingen en de exclusieve, *first time right*-uitvoering van IC-ontwerpen voor toepassingen in de automobiel-, medische, industriële en consumentenelektronica. In 2017 wordt ICsense geïntegreerd in een Duits filiaal van de Japanse multinationale onderneming *TDK Corporation*.

MAGICS INSTRUMENTS

Twee doctoraalstudenten van professor Steyaert, ir. Jens Verbeeck (°1984) en ir. Ying Cao, PhD, stichten in 2008 *Magics Instruments* op basis van hun doctoraal proefschrift over radioactiviteitolerante geïntegreerde schakelingen. Met de medewerking en steun van het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK-CEN) in Mol en een initiële financiering van LRD/Gemma-

Frisius Fonds ontwikkelt Magics een stralingharde technologie die IC's toelaat te functioneren onder zeer hoge temperaturen en nucleaire bestralingen met tolerantie voor Mega Gray-bestralingsdoses (MGy). Later ontwikkelt het bedrijf MGy-bestralingstolerante sensoren met afstandsbediening, die onder meer robots laat functioneren in extreme omstandigheden en omgevingen. Het cliënteel van het bedrijf bevindt zich voornamelijk in de ruimtevaart, kernenergie en hoge-energie-deeltjesfysica. Magics is betrokken bij de opruiming van de verwoeste kerncentrale van Fukushima in Japan en in de opbouw van de reusachtige ITER-kernfusie reactor in het Franse dorpje Cadarache bij Marseille.

PSI (Processing Speech and Images)

De nucleus van deze onderzoeksgroep werd gevormd rond de oorspronkelijke onderzoeksgroep van Oosterlinck en telt een zeventigtal medewerkers. De focus is audiovisuele informatieverwerking: computervisie, beeldpatroon- en spraakherkenning en -verwerking gericht op medische en industriële toepassingen. Het centrum heeft drie subgroepen: *MIC*, de Medical Image Computing-groep; *VISICS*, beeldverwerking voor industriële en communicatietoepassingen, waaronder echocardiografiesimulatie, snelle beeldverwerking met magnetische resonantie (MR) en chirurgische 3D-visualisatie; en *SPEECH* voor automatische spraakherkenning, de verwerking en kwaliteitsverbetering van audiosignalen in door ruis gehinderde geluidswaargave, spraakcodering, -interface en -transformatie. De MIC-groep is ook een stuwende kracht in het *Medical Imaging Research Center (MIRC)*, een interdisciplinair onderzoekscentrum van de Groep Biomedische Wetenschappen, MIC en het universitair ziekenhuis Gasthuisberg van de KU Leuven, waarin meer dan tachtig ingenieurs, biologen en klinici samenwerken en toepassingen valideren in een klinische omgeving. *VISICS* concentreert zijn activiteiten op virtuele realiteit, multimedia en beeldcompressie, robotvisie en -sturing, visuele inspectie, afstandsbediening en ruimtevaart.

De activiteiten van PSI leidden tot allerlei spin-offbedrijven, zoals Easics, e-Saturnus, GeoAutomation, IcoMetrix, Medicim en Vision++.

EASICS

Easics (1991) is een gemeenschappelijke spin-off van ESAT-PSI en imec met vier ingenieurs-PhD's als stichters: Dirk Callaerts, Jan Decaluwe, Ivo Vandeweerd en Jan Zegers. Easics ontwerpt geïntegreerde (*embedded*) systemen-on-chip in toepassingen die zowel ASIC als FPGA als 'gemengd' gebaseerd kunnen zijn. Daarbij ontwikkelt Easics inhouse EDA-instrumenten die het gecombineerde co-ontwerp van hardware/software en de automatische controle en verificatie van het eindproduct uitvoeren. De markt bestaat hoofdzakelijk uit belangrijke bedrijven in de

telecommunicatie, de signaalverwerking en de industriële en consumentenelektronica. In 2000 werd Easics overgenomen door het Amerikaanse TranSwitch Corporation, een in die tijd belangrijke toeleverancier in de telecommunicatie en internetindustrie. In 2004 wordt Easics opnieuw zelfstandig via een managementbuy-out, geleid door Ramses Valvekens en Steven Coenen, beiden gevormd in ESAT en technische managers tijdens de TranSwitch-jaren. Zij nemen de leiding van het verzelfstandigde Easics op zich. Jan Decaluwe en Jan Zegers keren terug naar het bedrijf en André Oosterlinck wordt opnieuw, zoals voor de TranSwitch-overname, voorzitter van de raad van bestuur.

E-Saturnus

E-Saturnus (2007) ontspruit uit de samenwerking tussen ingenieurs en chirurgen in Leuven en in Oxford. Een eerste softwarespin-off e-Saturnus Ltd. wordt opgericht in Oxford in 2005. Twee jaar aanvullend onderzoek en ontwikkeling leiden tot de oprichting van de Leuvense vestiging van e-Saturnus door de broers ir. Thomas en ir. Bob Koninckx. Thomas is PhD in elektronica en beeldverwerking, Bob in elektromechanica. Het bedrijf ontwikkelt een uniek platform – *NUCLEUS* – dat voorziet in digitaal geïntegreerde informatie in een operatiezaal van het ziekenhuis. Hierdoor worden beelden en data sneller uitgewisseld binnen een operatiekwartier of binnen een hospitaal en beschikken chirurgen en medisch personeel over juistere en rijkere beslissingsinformatie in real time. De technologie berust op een combinatie van netwerktechnologie en beeldverwerking en betekent een doorbraak in reallimedagnostiek. De data worden ook gebruikt in de medische workflow van een ziekenhuis en geïntegreerd binnen het elektronisch patiëntendossier. De producten van e-Saturnus zijn geïnstalleerd in meer dan honderd operatiekamers in binnen- en buitenland.

GeoAutomation

GeoAutomation (2007) is actief in de markt van geografische informatiesystemen (GIS), die geografische en ruimtelijke gegevens en informaties opnemen, verzamelen, opmeten, analyseren en visualiseren. GeoAutomation biedt mobiele oplossingen voor cartografie in al zijn vormen. Het systeem registreert 3D-beelden met veertien camera's gemonteerd op een voertuig. De overlappende beelden produceren een zeer gedetailleerde en accurate beeld- en gegevensbank van fysieke structuren en hun omgeving, met absolute precisie tot 1 inch (2,54 cm) op x-y-z-coördinaten. Computers en software koppelen deze gegevens met bestaande GIS-platforms. GeoAutomation ontwikkelt het instrument dat analyse, interpretatie en visualisatie van deze gegevens combineert met beelden. De toepassingen strekken zich uit over stedelijke en ruimtelijke planning, wegdekinspectie, eigendomsbetwistingen, veiligheidskorridors, gerechtelijk onderzoek en

de analyse van ongevallen en natuurrampen. Hun cliënteel bestaat uit architecten- en ingenieursbureaus en openbare diensten verantwoordelijk voor stads- en verkeersplanning, politie, brandweer, verkeersveiligheid, openbare werken en gerechtelijke diensten. GeoAutomation is vanaf zijn ontstaan nauw verbonden met Studiebureau Patrick Casier (SPC), dat grootschalige projecten uitvoert voor Belgische overheden en energiemaatschappijen. Ook heeft het distributiecontracten met KLM Aerocarto Belgium (zustermaatschappij van KLM) voor Europa, het Midden-Oosten en Azië en is vertegenwoordigd in Canada en op de oost- en westkust van de Verenigde Staten. GeoAutomation voert opdrachten uit voor steden, zoals Boston, Montreal, New York en Quebec.

VISION ++

VISION ++ (2007) is een software- en consultingbedrijf opgericht door vier ingenieurs-navorsers van het VISICS-laboratorium van ESAT. Zij ontwerpen klantspecifieke softwareoplossingen in het kader van R&D-contracten in domeinen zoals industriële inspectie, medische beeldverwerking, GIS-systemen, bewaking, verkeerscontrole, biometrie en 3D-gegevensverwerking voor computervisietoepassingen.

Ook vanuit de MIC en MIRC-onderzoekassociaties ontstaan spin-offbedrijven, waaronder Medicim en Icometrix. Beide bedrijven zijn mede opgericht door prof. dr. Paul Suetens, voorzitter van MIRC, en ir. Herman Verrelst, een voormalig doctoraatstudent van professor Bart De Moor.

MEDICIM

Medicim (2002) ontwikkelt softwareplatforms voor driedimensionale medische beeldvorming en analyse van het hoofd en van de mond. Die platforms brengen alle informatie en opties voor de diagnose en preoperatieve planning van een heelkundige ingreep – kaakchirurgie en orthodontie – in beeld brengen. Het *maxilim*-softwareplatform creëert een 3D-model van het hoofd van de patiënt en laat de chirurg toe verschillende oplossingen te overwegen in de voorbereiding van een heelkundig ingrijpen. Het *NobelGuide*-platform doet hetzelfde voor orale implantchirurgie en revalidatie. In 2008 wordt Medicim overgenomen door de Zweeds-Zwitserse groep Nobel Biocare.

ICOMETRIX

IcoMetrix (2011) is een gezamenlijke spin-off van het MIC-laboratorium in ESAT, het Vision-lab aan de Universiteit Antwerpen en van geneesheren-radiologen aan de academische ziekenhuizen in Antwerpen en in Leuven. De stichters, dr. ir. Dirk Loeckx (Leuven) en dr. ir. Wim Van Hecke (Antwerpen), ontwikkelen IcoMetrix als een AI-analyselabo van medische beelden, die een belangrijke meerwaarde hebben bij het stellen van diagnoses. Artsen en onderzoekers hebben veelal niet de ervaring noch de software om de informatie zo nauwkeurig mogelijk uit de beelden te

extraheren. Klanten (hospitelen, radiologen, onderzoekers, farmaceutische bedrijven) sturen de beelden beveiligd naar IcoMetrix, dat met de hulp van unieke software – *icobrain* – nauwkeurige kwantitatieve metingen uitvoert op de structuur van hersenvolumes en abnormale afwijkingen, zoals bij de analyse van MRI- en CT-hersenscans van patiënten met neurodegeneratieve aandoeningen zoals multiple sclerose (MS), Alzheimer, dementia en traumatische hersenletsels. In 2017 wordt *icobrain* door de FDA goedgekeurd voor de Amerikaanse markt. De *icobrain*-AI-oplossingen worden thans wereldwijd in meer dan honderd hospitaalen en netwerken van beeldverwerking gebruikt en in klinische studies bij de vier farmaceutische topbedrijven. Bij zijn oprichting in 2011 ontvangt IcoMetrix 320.000 EUR startkapitaal van de Universitaire Instelling Antwerpen en de KU Leuven. Daarna volgt in 2016 een investering van 2 miljoen EUR van Capricorn en in 2019 een financiering van 18 miljoen EUR van Capricorn en de Britse venturecapitalbedrijven Optum Ventures en Forestay Capital.

Afdeling STADIUS

De kiem van de onderzoeksgroep voor dynamische systemen, signaalverwerking en gegevensanalyse ligt bij prof. dr. Joos Vandewalle, die als jonge docent terugkeerde uit Berkeley rond de tijd dat imec uit ESAT afsplitste. Vandaag de dag zijn het verschillende doctoraatsstudenten van Joos die de dienst uitmaken, waaronder prof. dr. Bart De Moor, prof. dr. Marc Moonen, prof. dr. Sabine Van Huffel en prof. dr. Yves Moreau. De onderzoeksactiviteiten ressorteren onder de brede noemer van *mathematical engineering* en ‘artificiële intelligentie’, in domeinen zoals numerieke (multi)lineaire algebra, digitale signaalverwerking, systeemtheorie en -identificatie, regeltechniek en machine-learningalgoritmen in *data science*. Dit strategisch basisonderzoek wordt dan verder uitgerold in heel wat toepassingsdomeinen, waaronder bio-informatica en biomedische signaalverwerking, de ontwikkeling van klinische *decision support*-systemen in Health 2.0-biotopen, industriële procesmodellering, -monitoring en regeling, telecommunicatie enzovoort. STADIUS telt intussen 11 professoren en ongeveer 120 PhD-studenten en postdocs.

Door de jaren heen werden de onderzoeksresultaten ook uitgerold in verschillende spin-offs:

IPCOS

IPCOS (1995) werd opgericht door twee doctoraatsstudenten van professor Bart De Moor, dr. ir. Peter Van Overschee en dr. ir. Christiaan Moons, die het bedrijf nog steeds leiden. *IPCOS* ontwikkelt gesofistikeerde automatisatie- en optimalisatieoplossingen zowel voor batchverwerking of continubedrijf van industriële processen, voornamelijk voor de petrochemische industrie en raffinaderijen. *IPCOS* ontwikkelt state-of-the-art modelgebaseerde regelsystemen die de activiteit

van afzonderlijke productie-eenheden samenvoegt, modelleert en aanpast aan de behoeften van bedrijven, afwijkingen aan het productieproces identificeert en de gevolgen daarvan accuraat voorspelt en bijstelt. Het Model Predictive Control- of MPC-systeem van IPCOS is een digitaal controlesysteem dat veranderingen in de afhankelijke variabelen veroorzaakt door wijzigingen in de onafhankelijke variabelen, zoals temperatuur, druk en flow, van het gemodelleerde productieproces anticipeert en bijstelt. IPCOS is ook actief in de markt van monitoringsystemen voor olieboringen. Na een extra kapitalisatie van KBC volgt er rond 2010 een managementbuy-out, waarbij KU Leuven en enkele andere investeerders hun aandelen verkopen aan het management.

DATA4S

DATA4S (2001) werd opgericht door twee doctoraatstudenten van professor Bart De Moor, Herman Verrelst en Stan De Schepper. Het ontwikkelt softwareplatforms rond geavanceerde dataminingstechnieken in de bestrijding van fraudes in financiële transacties en misdrijven en het risicomanagement. DATA4S biedt wereldwijd geavanceerde softwareoplossingen aan banken en financiële instellingen om monetaire verliezen te vermijden. Sinds 2004 is DATA4S geïntegreerd in *Norkom Technologies* in Boston, een leider in de softwareontwikkeling ter bestrijding van financiële criminaliteit.

Transport & Mobility Leuven

Transport & Mobility Leuven nv (TML) (2002) is een voorbeeld van een cross-disciplinaire spin-off, opgericht door enerzijds twee professoren van de ingenieursfaculteit, Bart De Moor (STADIUS) en Ben Immers (Verkeerskunde), en anderzijds professor Stef Proost van de faculteit economie. TML, geleid door dr. ir. Griet Deceuster, voert onafhankelijk beleidsondersteunend onderzoek uit met als missie de samenleving vooruit te helpen door wetenschappelijk onderbouwde analyses op het gebied van mobiliteit. Daarbij steunt TML op kwantitatief onderzoek: rekenmodellen, statistische analyses, simulaties en prognoses. Werkdomeinen zijn verkeer, personen- en goederenvervoer en de daarmee samenhangende economische impact en milieuproblemen. Net die integratie tussen mobiliteit, economie en milieu maakt TML uniek in Europa. Klanten zijn vooral lokale, Vlaamse, Belgische en Europese overheden, sectororganisaties en non-profitverenigingen in de wegebouw, economische sectoren of bij politieke partijen.

SILICOS

Silicos (2005) ontleent zijn naam aan de uitdrukking *in silico*, die behoort tot de familie van Latijnse namen in het geneeskundig wetenschappelijk onderzoek, zoals 'in vitro'. In-silico-onderzoek vertrekt van wiskundige computermodellen voor de analyse van moleculair en cellulair gedrag en

laat toe veel sneller mogelijke kandidaat-geneesmiddel-moleculen in grote gegevensbanken op te sporen en te screenen. De technologie drukt de kostelijke uitgaven aan laboratoriumexperimenten en klinische proeven en reduceert de kans op falen van geselecteerde *lead*-moleculen in latere fasen van de ontwikkeling. In-silico-onderzoek wortelt in disciplines zoals computationele scheikunde en -biologie, die de structuur en eigenschappen van moleculen berekent, en virtuele screening, die de biologische activiteit en affiniteiten van miljoenen nieuwe chemische verbindingen screent op zoek naar een nieuw gen, een nieuw doelwit, een nieuwe *lead compound* en ten slotte een nieuw geneesmiddel. Deze technologie beantwoordt aan de steeds toenemende vraag van de farmaceutische industrie naar beloftevolle moleculen die kunnen leiden tot nieuwe geneesmiddelen. Silicos ontstond uit de eerste resultaten inzake onderzoek op het gebied van bio-informatica in STADIUS. Het is een chemisch informaticabedrijf gericht op de ontdekking – bij middel van multipurpose virtuele screeningstechnologieën – van lead compounds van hoge kwaliteit voor de behandeling van diverse ziekten, zoals kanker, aandoeningen van het centrale zenuwstelsel en immuundeficiënties. De kern van Silicos is de Spectrophore™-technologie, die toelaat de drie dimensionale karakteristieken van een molecule te vertalen naar een eendimensionale numerieke vector of vingerafdruk. Dit laat toe moleculen met dezelfde driedimensionale eigenschappen en dus dezelfde biochemische activiteit snel met elkaar te vergelijken, wat een directe voorspelling van de bindingsaffiniteit mogelijk maakt. De Silicos-technologie impliceert onder meer het aanmaken van geavanceerde predictie- en classificatiemodellen, die in de virtuele screening van de klant betrokken worden. Silicos is opgericht door twee navorsers van Janssen Pharmaceutica, dr. Hans De Winter en dr. Wilfried Langenaeker met ervaring in *drug discovery*. Zij doen een beroep op het STADIUS-ESAT-team rond professor Bart De Moor en zijn doctoraatstudent dr. ir. Gert Thijs.

TRENDMINER

Dsquare, naderhand herdoopt in *Trendminer*, werd opgericht in 2007 door de ingenieurs Bert Baeck en Noel Jans, samen met professor Bart De Moor. Beiden hadden er dan al enkele jaren ervaring op zitten als procesingenieurs bij Bayer. Trendminer ontwikkelt en verkoopt software voor assetmanagement in de procesindustrie, waarbij de operationele performantie van batch, *grade* en continue productieprocessen geanalyseerd, gemonitord en voorspeld wordt. Ook de procesindustrie kent een tsunami van data, die worden voortgebracht door duizenden sensoren die elke seconde een meting afleveren. Dit stelt de menselijke operatoren van dergelijke complexe processen voor grote uitdagingen, bijvoorbeeld bij het prioriteren van alarmen of bij het milieu-, energie- en kostenefficiëntst uitvoeren van een procesinstallatie. De door Trendminer ontwikkelde software biedt bovendien een gebruikersvriendelijke interfaceomgevin' voor de operatoren, die meestal niet

getraind zijn als *data scientists*. Klanten van Trendminer situeren zich in de procesindustrieën: chemie, petrochemie, olie- en gaswinning, voeding, (afval)waterhuishouding, energieproductie enzovoort. Na verschillende succesvolle kapitaalsverhogingen in de loop der jaren, met de originele oprichters, Gemma-Frisius, semipublieke investeerders en verschillende durfkapitalisten, werd Trendminder in 2018 verkocht aan het Duitse bedrijf Software AG.

CARTAGENIA

Cartagenia (2008) is een bio-informaticabedrijf en leider in de complexe wereld van genetische informatieverwerking opgericht door drie doctoraatstudenten van Bart De Moor, Bert Coessens (°1978), Steven Van Vooren en Herman Verrelst (°1973). Verrelst verwerft als serial entrepreneur en CEO ruime business- en managementervaring in andere ESAT-spin-offs zoals DATA4S (later Norkom Technologies) en Medicim (later Nobel Biocare). De oprichting van Cartagenia is het resultaat van nauwe samenwerking tussen STADIUS-ESAT en het Centrum menselijke erfelijkheid in het universitair ziekenhuis Gasthuisberg. Het idee van Cartagenia is vervat in verschillende toenmalige doctoraten van STADIUS, waarin gesteld wordt dat moleculaire biologie evolueert van de studie van een bepaald gen (*one gene, one PhD*) naar de functionele analyse van grote groepen genen. Zoals het volume van ruwe gegevens exponentieel toeneemt, zo ook de behoefte aan methodes om deze analyses te automatiseren en de resultaten te integreren met de bestaande kennis. Inzicht verkrijgen in complexe genetische mechanismen veronderstelt de integratie van deze gegevens, waarin bio-informatica een belangrijke rol zal spelen. Zoals CEO Verrelst het later uitdrukt: ‘Het is een bigdataverhaal.’ Het startkapitaal van Cartagenia bij zijn oprichting komt van de oprichters, KU Leuven, het Gemma Frisius Fonds en PMV. In 2011 volgt een kapitaalinjectie van 2,2 miljoen EUR met de bestaande aandeelhouders, het Annie Vereecken-Biover II Fonds en het Capricorn Fonds Quest for Growth. In 2014 investeren deze aandeelhouders gezamenlijk nog eens 5,9 miljoen EUR. Klinische laboratoria, onderzoekscentra en ziekenhuizen verwerken massieve volumes gegevens van de simultaan en parallelle sequentieanalyses van fragmenten van menselijk genomen en hun genetische varianten. Meer recentelijk ook van kankergenoomfragmenten en zijn varianten. Het Cartagenia-platform correleert, sorteert, organiseert en integreert routinematig deze workflow van gegevens in een globaal genetisch-diagnostisch ecosysteem. Dit systeem helpt bij de klinische diagnose en interpretatie van genetische varianten, maar evenzeer automatiseert het de belangrijke, tijdrovende en kostelijke administratieve belasting van rapportering, *compliance* en accreditatie door de regulerende overheden. Cartagenia installeert softwareplatforms – *Bench Lab CNV (Copy Number Variation)* – in ziekenhuizen en klinische laboratoria om varianties op te sporen die afwijken van het standaard- of referentie-

genomisch DNA. Deze afwijkingen gebeuren door het inlassen, weglaten of verplaatsen van fragmenten. Een beter inzicht in deze varianties verlaagt of vermindert de risico's en de susceptibiliteit voor ziekten. De recentste versie is het *Bench Lab NGS (Next Generation Sequencing) Diagnostics*, dat de sequentieanalyse op grote schaal van genoomfragmenten in parallel mogelijk maakt. Cartagena heeft meer dan 120 Bench Lab-platforms geïnstalleerd in ziekenhuizen en laboratoria in Europa en in de Verenigde Staten, heeft een kantoor in Boston en een distributieovereenkomst in de Verenigde Staten met *Agilent*, de technologiespin-off van Hewlett-Packard. Zowel in Europa als in de Verenigde Staten is Bench Lab geregistreerd als een medisch instrument. In mei 2015 wordt Cartagena geïntegreerd in Agilent.

LINDACARE

Hoewel stricto sensu geen spin-off van STADIUS, werd *Lindacare* (2013) in Leuven opgericht door Shahram Sharif (°1971), MSc Electrical Engineering, Universiteit Twente en Master Business Innovation (MBI) Universiteit Utrecht Medical Center? en Damien De Greef, MSc Business Administration UCLouvain en MBI Universiteit Utrecht Medical Center. Reeds vroeg in het ontwikkelingstraject van het bedrijf kwamen het Leuvens Capricorn, Gemma-Frisius, en professor Bart De Moor aan boord als investeerders. Lindacare ontwikkelt het *OnePulse™*-softwareprogramma, een telemonitorplatform dat op afstand hartpatiënten met pacemaker, defibrillator of andere *cardiac implanted electronic devices* (CIED) opvolgt. De dagelijkse dataflow voor controle op mogelijke afwijkende patronen of stoornissen wordt voor ieder patiënt en voor ieder type CIED afzonderlijk naar cardiologen of ziekenhuizen toegestuurd. 'Elke pacemakerproducent heeft een eigen systeem om data te verzenden en te verwerken.' De *OnePulse™*-integreert al deze data op één dashboard, wat patiëntmonitoring op afstand voor dokters en verplegers vereenvoudigt en interventie of aanpassing van medicatie effectief versnelt. Het eerste *OnePulse™*-v1.0-dashboard wordt in 2016 in UZ Leuven als referentieziekenhuis geïnstalleerd. Lindacare groeit snel tot veertig personeelsleden in 2018. Er volgt een tweede investering door de bestaande aandeelhouders, maar ook door de elektronikagigant Philips, PMV en het Amerikaanse Connecticut Innovations. In 2017 opent Lindacare een filiaal in Hartford, Connecticut.

UGENTEC

UgenTec wordt in 2014 op de Corda-Campus in Hasselt opgericht door software-ingenieur Wouter Uten (°1992) en Tom Martens, PhD fysica, MBA, samen met professor Bart De Moor. Het bedrijf wordt geleid door een van de vroegere managers van Cartagena, Steven Verhoeven, en ontwikkelt AI-software voor de automatische interpretatie van *polymerase chain reaction*- of *PCR*-analyses,

waarvoor uitvinder door Kary Mullis in 1993 de Nobelprijs ontvangt. Het is een techniek die toelaat een specifieke DNA-sequentie exponentieel te vermenigvuldigen in miljoenen kopieën. Deze techniek wordt nu courant gebruikt in diagnostische, klinische, medische of biotechnologische laboratoria, maar de analyse en interpretatie van de massa PCR-gegevens blijft een tijdrovende en technisch-intensieve activiteit, vatbaar voor analyse- of interpretatiefouten. In samenwerking met STADIUS-Esat ontwikkelt het bedrijf *FastFinder*, een softwareprogramma dat PCR-resultaten van DNA-analyses onderzoekt met AI en deze automatisch verbindt met gecertificeerde diagnostische in-vitrotestprocedures. Resultaten zijn na enkele minuten in real time beschikbaar, accuraat en reproduceerbaar. In 2018 finaliseert UgenTec een financiering van 7,5 miljoen EUR met de eerste privé investeerders professor Bart De Moor, biotechinvesteerder Annie Vereecken en Herman Verrelst, CEO Cartagena, LRM, KU Leuven Gemma Frisius Fonds en imec. UgenTec opereert internationaal in partnership met verschillende diagnosticabedrijven en laboratoria om hun diagnostische workflows in standaardformaat te automatiseren.

ESAT-profiel

De impact van ESAT op de economisch-technologische evolutie van België kan moeilijk onderschat worden. Met zijn meer dan driehonderd doctorandi, tweehonderd masterstudenten en honderd stafmedewerkers waarvan dertig professoren in tientallen elektronica-ingenieurspecialisaties vormt ESAT voor een belangrijk deel het professionele en leidinggevende kader van de informatie- en communicatie-industrie in het land. Het vormt ook generaties van CEO's en *serial* entrepreneurs die het landschap bezaaien met tientallen nieuwe hightechbedrijven en duizenden arbeidsplaatsen. Meestal worden deze spin-offs later geïntegreerd in grotere binnenlandse en buitenlandse bedrijven, maar het nettoresultaat in economische innovatie en tewerkstelling blijft in het land. Deze realisaties en resultaten concretiseren ook de droom en de visie van Roger Van Overstraeten. Zijn eerste doctoraatsstudent en latere medestander Hugo De Man drukt het in zijn *In Memoriam* als volgt uit: 'Die visie kan men omschrijven als "Vlaanderen op de kaart van de industrie van de toekomst plaatsen door een generatie ingenieurs op te leiden die, naast een solide wetenschappelijke basis, tevens oog hebben voor de maatschappelijke en economische vooruitgang van het volk".'

De huidige lichter van ESAT professoren, grosso modo de tweede generatie, dankt veel aan de eerste generatie, maar ook omgekeerd zouden de founding fathers absoluut trots zijn op de realisaties van hun wetenschappelijke nazaten.