

De Moor B., Vandewalle J., Barbe A., Engelen J., Lisotten L., Aernoudt E., Van Huffel S., "Hoop en angst in de postmoderne technotoop", in *Wegen van Hoop: Universitaire perspectieven*, (Pattyn B., Raymaekers B., Steel C., Van Gorp H., C. De Ranter, Dupre A., and Bellen M.J., eds.), Universitaire Pers, Leuven, 1995, pp. 277-293., Lirias number: 179902.

Hoop en angst in de postmoderne technotoop

Bart De Moor

m.m.v.

Etienne Aernoudt, André Barbé, Jan Engelen,
Luk Missotten, Marc Moonen,
Joos Vandewalle, Sabine Van Huffel *

*Hoop is de energie die ideeën omzet in handelen;
Handelen schept de voorwaarde voor herinnering;
Herinnering is de bagage van een leven.*

Onze welvaart, of althans het streven ernaar, is gebaseerd op *big money, big labor, big economic expansion*. Het vooruitgangdenken dat sinds Francis Bacon onze maatschappij beheerst, is de motor van onze relatieve welstand. Desalniettemin lijkt ons systeem op zijn grondvesten te wankelen. Er is een ongeremde pluralisering van de culturen en van cultuurfragmenten, de tijd van de grote verhalen is voorbij, ideologieën zijn inflatoir geworden, er zijn de steeds grotere differentiërende trends en divergenties in de wetenschappen, het normbesef gaat achteruit, er ontstaat een etisch deficit, het engagement in de beeldende kunsten, de muziek, de literatuur lost op, enz . . . Nu ook het communisme is geïmploëerd, lokt de leegte van de laat-kapitalistische maatschappij uiteenlopende reacties uit van superieur relativiteitsbesef, over koel cynisme tot een zich fanatiek vastklampen aan 'oude waarden'. De postmoderniteit wordt gekenmerkt door globalizerende en individualizerende tendenzen. Binnen het socio-ekonomische kader maken we de overgang mee van de mens als producent (van arbeid naar goederen) naar konsument (van goederen naar diensten). Het vijftig jaar oude Rijnlandmodel kraakt in zijn voegen. Naast arbeid en kapitaal is er nu ook de kennis- en informatietechnologie als derde schragende faktor in het mondiale sociaal-ekonomische bestel.

Wetenschap en techniek hebben ongetwijfeld bijgedragen tot dit postmodernisme. Onze

*De auteur en zijn collega's zijn verbonden aan de Fakulteit Toegepaste Wetenschappen, en Geneeskunde van de K.U.Leuven.

wereld is niet langer een biotoop, maar een *technotoop*, waar de wetenschap en de techniek ingrijpen op ons dagelijks leven. De techniek heeft twee tegengestelde stromingen gekreëerd: Vooreerst is er de *globalisering* en mundialisering, waarbij de techniek de katalysator is van een ééngemaakte wereldcultuur. Zo is het *Global Village Concept* van CNN de moderne vertaling van ' *De wereld is ons dorp* ': De media als venster op de wereld. Deze globale informatie is voor iedereen beschikbaar en leidt tot uniformisering: denk maar aan mondiale trends in de mode, de film- en bouwstijlen en de muziek. De mundialisering heeft als gevolg dat de burger leeft in *verschillende* werelden (het dorp of de stad, de regio, het land, de taal-, cultuur- en godsdienstgemeenschap, het continent, de wereld), waarin hij telkens een stukje van zijn identiteit achterlaat. Het individu leeft op een lappendeken. Anderzijds vergroot de techniek de vrijheid van het individu: Voorbeelden hiervan zijn de democratie, de toegenomen mobiliteit ('de auto is mijn vrijheid'), de mogelijkheid tot communiceren op afstand, de mogelijkheden voor vrije-tijdsbesteding voor een vrije tijd die zelf voor een belangrijk stuk het gevolg is van de techniek, enz De techniek laat ons niet alleen toe om de aarde en het heelal te verkennen, maar opent zelfs de poorten naar *virtuele werelden*, die alleen begrensd zijn door onze eigen fantasie (virtual reality en engineering, multi-media, . . .).

Velen ondergaan de voortschrijdende vertechnologisering vanuit een defaitistisch postmodernisme, waarin wetenschap en techniek worden ervaren als een autonoom, onstuurbaar, systeem, een voortrazende trein die niet te stoppen is. Zij refereren naar Leonardo Da Vinci's: *Helaas, hoe hard wij ook strijden tegen dit razend monster, elk verweer is nutteloos*. Ons standpunt is dat dergelijk pessimisme ongegrond is en aanleiding geeft tot een onverantwoorde, moderne versie van de *horror vacui*. Wij zijn er immers van overtuigd dat wetenschap en techniek een specifieke, welgedefinieerde rol spelen bij de verdere ontwikkeling van onze mondiale maatschappij. In deze bijdrage zullen we uitvoerig ingaan op de uitdagingen waarmee we in dit kader in de nabije toekomst zullen te maken hebben. We willen onder andere aan de hand van enkele voorbeelden aantonen dat er reden is tot optimisme en dat er in de nabije toekomst hoopgevende toepassingen zullen komen voor de nieuwste technologieën. Anderzijds willen we ook even illustreren dat *ingenieurs* best wel in staat zijn om uit hun eigen technische wereld te treden en elementen aan te reiken voor een steeds dringender wordende discussie over wetenschap en technologie, en de impact ervan op het technotoop waarin we met zijn allen leven en werken.

Deze bijdrage is als volgt gestructureerd: In een eerste deel beschrijven we, aan de hand van enkele minder bekende voorbeelden, de impact en mogelijkheden van de informatietechnologie op de kennismaatschappij van morgen. Meer specifiek hebben we het over *modelgebaseerde informatieverwerkingssystemen* en de toepassingsmogelijkheden van de *informatika voor gehandikaptten*. In een tweede deel nemen we de moderne materiaalkunde als beginpunt voor een bezinningsronde in verband met de impact van wetenschap en technologie op onze maatschappij. We belichten ook de rol en toenemende verantwoordelijkheid van de wetenschapper, de dokter en de ingenieur in onze samenleving. In een laatste deel beschrijven we enkele *Gödeliaanse* karaktertrekken van wetenschap en technologie. Grosso modo komen die hierop neer dat wetenschap en technologie meer vragen oproepen dan ze

zelf kunnen oplossen. Hieruit ontstaat vanuit de zogenaamde *positieve* wetenschappen, een krachtig appèl naar de geestes- en kultuurwetenschappen toe.

1 Informatietechnologie

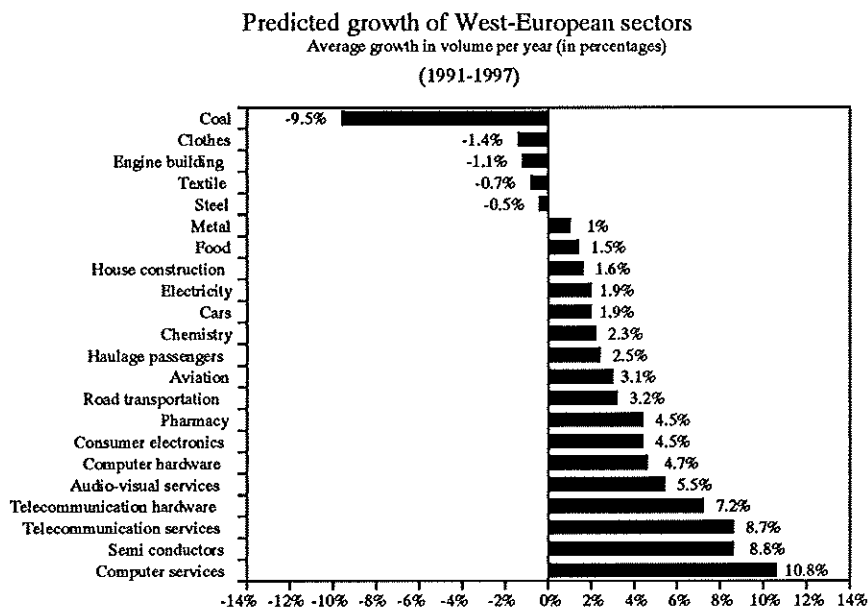
$$C = B \cdot \log(1 + S/N) \text{ bit/sec}$$

Claude Shannon, 1949

De derde industriële revolutie is deze van de informatietechnologie. Zij werd gekatalyseerd door een enorme vooruitgang in de micro-elektronika sinds het begin van de jaren zestig. Zowel de geheugen- als rekencapaciteit van de bouwstenen van onze computers alsook de kommunikatiesnelheden tussen informatiedragende en informatieverwerkende machines, verdubbelen nog steeds om de 18 maanden. Men verwacht dat deze trend nog een heel eind in de 21ste eeuw zal aanhouden. De geheugenkapaciteit van nieuwe soorten *informatiedragers* zoals CD-ROM, CD-I, videos, digitale tapes, enz . . . neemt steeds maar toe. Steeds meer informatie kan verstuurd worden via telefoonlijnen, via kabel(-TV), via glasvezels waarop dan fax-machines, 'printers' en informatika-interfaces zoals modems kunnen worden aangesloten. De kostprijs voor het versturen, verwerken en opslaan van bits daalt omgekeerd evenredig met de technologische capaciteiten. Zo verwacht Bill Gates, -ook wel eens de guru van het informatie-tijdperk genoemd-, dat de kostprijs voor telecommunicatie binnen 20 jaar op één miljoenste van de huidige kostprijs zal terugvallen. Deze technologische vooruitgang zorgt voor een nooit geziene evolutie in de informatietechnologie, die zelf in de nabije toekomst de drijvende kracht zal worden voor de economische activiteit, een thematiek die recent nog wordt ontwikkeld in het sleutelplan van de premier, Jean-Luc Dehaene. De voorspellingen van de groei in de West-Europese sectoren voor de periode 91-97 geven duidelijk aan dat de informatietechnologie van alle economische sectoren het grootste potentieel heeft (zie figuur 1). Het lijkt geen twijfel dat de informatietechnologie aardverschuivingen in het maatschappelijk beeld van morgen zal teweegbrengen. De zogenaamde post-industriële maatschappij is immers gebaseerd op kennis- en informatieverwerking, met als gevolg een voortschrijdende *tertialisering* van de economische activiteit.

De zopas geschetste technologische en economische evoluties zijn hoopgevend. Er zijn zekere parallellen te trekken tussen de ontwikkeling van de derde industriële revolutie en deze van de eerste en de tweede. De grondstoffen van deze eerdere industriële revoluties, zoals steenkool, mineralen, metalen en later ook energie, dienden met de nodige creativiteit en inspanning te worden omgezet in nuttige produkten voor de mens. Dit creatieve proces gaat vandaag de dag onverminderd voort, met steeds nieuwe 'constraints' en uitdagingen, zoals duurzame ontwikkeling, milieuvriendelijkheid, enz. . . .

Zo ook zal het enorme potentieel dat nu met de nieuwe informatietechnologieën ter beschikking komt, omgezet moeten worden in toepassingen, produkten en diensten die nuttig zijn voor de mens. Nu reeds zijn er talloze voorbeelden zoals multi-media PC's, scanners, mobilofonie, elektronische geld- en betaalsystemen e.d... Toch staan we hier maar aan het



Figuur 1: Voorspelde economische groei van West-Europese economische sectoren. Relatief gesproken zijn de klassieke industriële activiteiten, die hun oorsprong vonden in de eerste en tweede industriële revolutie, op de terugweg. De Informatietechnologiesektoren van de Derde industriële revolutie kennen een grote groei. (Figuur ontleend aan *Investeren in de toekomst: Elektronika: Centraal in een vernieuwd industrie- en technologiebeleid*. (Fabrimetal, Vlaamse Gewest, IMEC, 1993)).

begin van een revolutie in de ontwikkeling van intelligente informatiesystemen! In wat volgt geven we hiervan enkele voorbeelden.

Vooreerst bespreken we kort de technologie van zogenaamde *intelligente* informatieverwerkende systemen. Daarna bespreken we de grote toepasbaarheid van informatietechnologieën naar gehandikaptten toe.

1.1 Modelgebaseerde informatieverwerkingssystemen

De ontwikkeling van de informatietechnologieën, ging gepaard met een spektakulaire evolutie van *sensoren* allerhande. Wanneer computers de hersenen zijn van informatieverwerkende systemen, dan vormen sensoren de zintuigen ervan. Visuele sensoren zoals camera's in het visueel gedeelte van het spectrum, maar ook infra-rode en andere, sensoren voor druk en temperatuur in alle maten en gewichten, sensoren die chemische concentraties kunnen opmeten, bio-sensoren, enz . . . , laten toe de wereld rondom ons en de fenomenen die zich daarin afspelen te *kwantificeren*. De ontwikkeling van de technologie voor het fabriceren van sensoren is spectaculair, met als gevolg dat de capaciteit ervan alsook de nauwkeurigheid van de metingen steeds maar toeneemt voor een steeds dalende prijs. Zowel alle mogelijke natuurverschijnselen, op mikroskopische, kwantummechanische als kosmologische schaal, als de economie op regionaal, nationaal, Europees en mondiaal vlak, als de toestand van industriële productieprocessen, als de ontwikkeling van epidemieën en hongersnood, als onze eigen gezondheid: Allen komen zij tot ons in niet-ophoudende tijdsreeksen van getallen. Het enorme potentieel dat ontstaat door een combinatie van deze numerieke informatie verkregen via sensoren en de nieuwste informatietechnologieën, wordt nog zwaar onderbenut. Deze symbiose zal in de nabije toekomst leiden tot zogenaamde *intelligente informatieverwerkende systemen*. Centraal in dit soort systemen staat het concept van een *model*. Nu bestaan er verbale, mentale, linguïstische en vele andere soorten modellen maar de voorkeur van de ingenieur gaat uit naar wiskundige modellen. Dergelijke modellen worden gedistilleerd uit experimenten, gebruik makende van de fundamentele wetten van de fysica, de mechanica, de scheikunde enz . . . , ofwel worden zij gekonstrueerd als een 'black box' uit beschikbare metingen. Geënt op een grondlaag van wiskunde, zitten verschillende disciplines geschraagd zoals de numerieke lineaire algebra, signaalverwerking, informatika, regeltechniek, cybernetika, optimalisatie, computer-ondersteund ontwerpen en software engineering. Elk van deze (hulp-)disciplines levert zijn bijdrage tot de constructie van wiskundige modellen.

Toepassingen van deze *model-gebaseerde informatieverwerkende systemen* zijn legio. Een recente nieuwe discipline is deze van de zogenaamde *virtual engineering*, waarbij wiskundige simulatietechnieken worden gebruikt om *virtuele prototypes* van machines (zoals bvb. transmissies van auto's, vliegtuigvleugels, chemische processen, . . .) *in computro* te ontwerpen. Pas indien dergelijke virtuele design aan alle specificaties voldoet, zal men het echte prototype ook daadwerkelijk konstrueren. Het hoeft geen betoog dat deze werkwijze zeer vele manjaren aan prototype-ontwikkeling uitspaart, naast niet-onaanzienlijke energie- en produktiekosten. Temeer daar het ontwerpen van systemen hoe langer hoe

meer een *interdisciplinaire* opdracht is, waarbij technieken en inzichten uit de mechanica, de materiaalkunde, de elektronica en de computerwetenschappen moeten samengesmeed worden tot één werkbaar geheel. Dergelijke systemen behoren tot het domein van de *mechatronika*. Een ander voorbeeld van modelgebaseerde informatieverwerkende systemen zijn *simulatoren* voor alle mogelijke toepassingen. De best gekende hier zijn wellicht de *vluchtsimulatoren* voor kandidaat piloten, maar hoe langer hoe meer worden ook simulatoren ontworpen binnen andere disciplines. Zo bijvoorbeeld kan men volledige kerncentrales of chemische installaties of zelfs onderdelen van het menselijk lichaam nabootsen in een virtuele software omgeving, eenmaal de wiskundige basiswetten van het systeem in kwestie voldoende gekend zijn. Toekomstige operators kunnen dan ideaal getraind worden, ook op gevaarlijke situaties, die men onmogelijk zou kunnen aanleren op de echte systemen. Deze discipline van *virtual engineering* vraagt een permanente ontwikkeling van numerieke technieken en 'software tools', omdat de mechatronische systemen steeds complexer worden. Op deze manier is *virtual engineering* van mechatronische systemen ook een belangrijke motor voor fundamenteel onderzoek naar betere numerieke algoritmen en wiskundige technieken en naar nieuwe concepten uit de systeemtheorie zoals chaotisch gedrag, genetische algoritmen, systemen gebaseerd op vage logica, enz. ...

Wiskundige modellen van systemen laten toe om het echte gedrag van het systeem te voorspellen en te simuleren in die situaties waar experimenten op het systeem te gevaarlijk zijn (kerncentrales...), te duur (kostbare grondstoffen), potentieel vervuilend (chemische productieprocessen...) of gewoonweg onmogelijk (economische processen...). Deze wiskundige modellen kunnen op vele manieren worden verkregen. Zo bijvoorbeeld worden in de fysika modellen afgeleid gebaseerd op '*first principles*'. Vertrekkende van de grondwetten van de fysika, mechanica, elektriciteit, enz... stelt men een stelsel van differentiaalvergelijkingen op, waarmee het gedrag van het 'echte' systeem wordt gemodelleerd onder de vorm van wiskundige formules, die dan met een computer kunnen worden 'uitgerekend'. Veelal leidt dit tot nauwkeurige modellen, die betrouwbare simulaties mogelijk maken. In vele gevallen echter, zijn dergelijke modellen dermate complex en ingewikkeld, dat ze voor weinig meer dan simulatie kunnen worden aangewend. Bovendien kunnen er redelijk veel onbekende en moeilijk experimenteel te bepalen parameters (zoals bvb. mechanische wrijvingen...) voorkomen in deze modellen. In de ingenieurswetenschappen wordt daarom ook geroepen voor andere oplossingen. In plaats van te vertrekken van afleidingen gebaseerd op '*first principles*', doet men metingen op variabelen (in- en uitgangen) van het systeem via sensoren. Deze metingen worden opgeslagen en verwerkt m.b.v. computers. Er wordt een wiskundig model berekend via zogenaamde identifikatietechnieken. Men heeft dan de keuze tussen lineaire en niet-lineaire identifikatietechnieken afhankelijk van het proces en de beschikbare data. Terwijl de discipline van *lineaire* identifikatie nu een zekere maturiteit heeft bereikt, is de laatste paar jaren de belangstelling voor neurale netwerken als niet-lineaire identifikatietechniek enorm gestegen. Neurale netwerken zijn netwerken van een groot aantal identieke basisblokjes, neuronen genaamd, die via zogenaamde synapsen met elkaar verbonden zijn. De sterkte van een synaps tussen twee neuronen (gewicht genaamd) bepaalt de gemakkelijker waarmee een bepaald neuron met een ander neu-

ron communiceert. Het trainen van een neurale netwerk betekent dan dat de gewichten zodanig worden ingesteld en bijgesteld (door een confrontatie van het netwerk met de experimentele gegevens) dat na verloop van tijd het netwerk erin slaagt om het dynamisch gedrag van het echte systeem te simuleren en eventueel voorspellen. De inspiratiebron van dergelijke neurale netwerken zijn de menselijke hersenen, maar men moet wel stellen dat de ingenieursnetwerken wat betreft hun complexiteit maar een flauw afkooksel zijn van de biologische realiteit. Desalniettemin zijn de zogenaamde *artificiële neurale netwerken* het voorwerp van intensief onderzoek en worden ze nu reeds in heel wat ingenieurstoepassingen met succes aangewend.

Wiskundige modellen kunnen ook echter voor veel meer worden aangewend dan uitsluitend voor simulatie en prediktie. In de zogenaamde *modelgebaseerde regeltechniek*, maakt men gebruik van een model van het systeem om het dynamisch gedrag ervan te veranderen, zodat het meer conform wordt aan vooropgestelde specificaties. Een goed voorbeeld hiervan is het servo-stuur van een wagen, waarbij het mechanische stuur uitgerust wordt met een elektrische motor, die de bewegingen van de chauffeur volgt en ondersteunt, zodat deze met minder fysieke inspanning op een comfortabele manier zijn wagen kan besturen. Maar er zijn ook meer ingewikkelde voorbeelden zoals de besturingsmechanismen in de robotika, de automatische piloten in vliegtuigen en de regelaars die op een vol- of semi-automatische manier ingewikkelde industriële processen onder controle houden. Zij zorgen ervoor dat de produkt-toleranties met een grote nauwkeurigheid gerealiseerd worden, maar ook dat de performantie van het produktieproces met betrekking tot milieu-, veiligheids- en energieëisen, optimaal is. Het ontwerpen van modelgebaseerde regelsystemen is bijgevolg een interdisciplinaire aangelegenheid, waarbij inzicht in het produkt, de beschikbaarheid van sensoren en actuatoren, data-acquisitie en -verwerking, en wiskundige concepten zoals terugkoppeling (feedback), modellen, optimalisatie, ... geïntegreerd moeten worden in een robuuste en betaalbare regelstrategie.

Een ander voorbeeld van informatieverwerkende systemen zijn modelgebaseerde medische diagnose technieken. De snelle evolutie in de medische beeld- en signaalverwerking en de opkomst van nieuwe beeldtechnieken gedurende de laatste decennia is zonder twijfel te danken aan de evolutie van onze computers. Enerzijds maakt een gestadige geheugen-uitbreiding het mogelijk om niet alleen 1-dimensionale signalen te stockeren maar ook 2- en zelfs 3-dimensionele beelden. Anderzijds maakt de toenemende reken capaciteit nieuwe beeldtechnieken, zoals computertomografie, positronemissietomografie, Nucleaire Magnetische Resonantie (NMR) beeldvorming, ..., praktisch realiseerbaar waardoor *niet-invasief* nieuwe informatie in beeld kan gebracht worden door het gepast combineren van een reeks opgemeten beelden of signalen. Het lijkt geen twijfel dat deze nieuwe beeldinformatie een nauwkeuriger localisatie toelaat en een beter beeld weergeeft van elke regio binnen het menselijk lichaam. Hierdoor is het mogelijk om elke pathologische afwijking beter en ook vlugger te detecteren, resulterend in betere diagnoses met bijgevolg een betere hoop op daadwerkelijke genezing van de kwaal. Zonder de inzet van onze huidige computers zouden de meeste pathologische afwijkingen enkel invasief en operatief te achterhalen zijn.

De kwaliteit van deze nieuwe informatie wordt echter volledig bepaald door de wiskundige algoritmen die de ruwe meetgegevens moeten omzetten tot een correct weergegeven en duidelijk beeld zonder artefacten (die kunnen leiden tot onjuiste diagnoses) en de parameters voor diagnosestelling (bv. concentraties van bepaalde moleculen rond een aangetaste regio) moeten kwantificeren. Dit is slechts mogelijk door numeriek betrouwbaar en modelgebaseerd te werk te gaan. *Numeriek betrouwbare* technieken, zoals de singuliere waardenontbinding, zorgen ervoor dat de fouten op de meetgegevens zo weinig mogelijk versterken doorheen de verdere computerberekeningen, terwijl een betrouwbaar *model* onder meer toelaat om de ruis van het echte signaal te onderscheiden, zelfs bij lage signaal-ruisverhoudingen. Het belang van deze aanpak is duidelijk in NMR spectroscopische beeldvorming: een nieuwe beeldtechniek waarbij andere metabolieten (moleculen van een bepaalde chemische structuur) dan water kunnen gevisualiseerd worden, uitgaande van 32×32 signalen equidistant opgemeten over een bepaalde doorsnede. Deze beeldresolutie is vrij laag maar kan niet verder doorgedreven worden omdat deze resolutie reeds een half uur meettijd vergt voor de patiënt die onbeweeglijk moet blijven liggen in de NMR scanner. NMR laat toe om niet-invasief te kijken binnen in het menselijk lichaam en is daarom een zeer belangrijk hulpmiddel in de medische diagnostiek. Vermits het menselijk lichaam voor 90% uit water bestaat dat bovendien magnetiseerbaar is, zijn de meeste NMR beelden "waterbeelden", die de aanwezigheid van water visualiseren zodat anatomische details zichtbaar worden. Dank zij de aanwending van numeriek betrouwbare en modelgebaseerde signaalverwerkingstechnieken kunnen nu ook andere metabolieten, die in concentratie 1.000 tot 10.000 maal kleiner zijn dan water of vet, gevisualiseerd worden. Het is duidelijk dat deze beelden van metabolietconcentraties over een bepaalde regio zeer nuttige biochemische en farmaceutische informatie verschaffen aan de dokter en onder meer toelaten om beter de ernst en schade van een aanwezige tumor in te schatten of andere afwijkingen te detecteren. Dank zij de toenemende rekencapaciteit van computers en een verder doorgedreven performantie van de wiskundige algoritmen is het nu recent ook mogelijk om bewegende beelden online op te nemen en te visualiseren op scherm. Hierdoor wordt het onder meer mogelijk de bloeddorstroming te visualiseren, het hart te zien kloppen en de actieve hersencellen te visualiseren bij het uitvoeren van een bepaalde beweging of denkoefening (m.b.v. NMR functionele beeldvorming).

De hierboven geschetste voorbeelden geven een goed beeld van het soort toepassingen dat in de zeer nabije toekomst m.b.v. intelligente informatieverwerkende systemen dagdagelijkse praktijk zal worden. Meer nog, de combinatie van telecommunicatie met deze model-gebaseerde informatie-systemen levert een kwasi onbeperkt gamma aan mogelijkheden. Zo zal tele-diagnose (ofte medische diagnose op afstand) van patiënten in afgelegen gebieden mogelijk worden, of misschien zelfs telechirurgie m.b.v. van virtuele realiteit. Nu reeds worden industriële processen vanop afstand bestuurd en in het oog gehouden. En sommige voorbeelden die vandaag de dag reeds geïmplementeerd zijn spreken welbepaald tot de verbeelding. Zo is er in de VS een verzekeringsmaatschappij die binnen de 24 uur een schadeclaim kan behandelen. Door een goed uitgedacht geheel van organisatorische veranderingen en technische realisaties, zoals een automatische detectie bij botsing d.m.v.

een mechanische sensor en verwittiging met mobiele communicatie, kunnen de rondrijdende shadeschatters een centrale database raadplegen en zo ter plekke de claim administratief afhandelen.

Door de combinatie van informatika, informatietechnologie en telecommunicatie evolueren we naar een wereld waarin alles met alles zal verbonden zijn via netwerken. Nu reeds spreken we over tele-conferencing, tele-werken, tele-opleiding en -onderwijs, milieu- en verkeersnetwerken, Internet. En de netwerken van de netwerken zijn ook niet langer denkbeeldig. Men zou zich de bedenking kunnen maken of deze netwerken niet zullen uitgroeien tot multi-mediale mondiale zenuwbanen, de *nappe pensante du globe*, waarover Teilhard de Chardin reeds veertig jaar geleden sprak. Hier komen we verder nog op terug, maar laten we eerst even andere toepassingen van de informatietechnologie bespreken, namelijk in de gehandikaptensektor.

1.2 Informatika voor gehandikaptten

Zelfredzaamheid, normalisatie, integratie, het herstel van het gewone leven. Het is een hele opgave voor een persoon met een handicap. Zoals iedereen zoekt hij of zij (of de omgeving) naar hulpmiddelen om de handicap op te vangen: van een letterbord tot een aangepaste lepel, van een rolstoel tot een geleidehond. De computer is een hulpmiddel geworden zoals hij een hulpmiddel werd voor andere gebruikers. Voor gehandicapten kreeg hij echter een bijzondere betekenis. Automatisatie van verrichtingen ondersteunt de persoonlijke zelfredzaamheid. Toegankelijkheid van informatie bevordert de mogelijkheden tot integratie in de geïnformatiseerde samenleving. Voor personen met een handicap is een hulpmiddel meer dan een gadget: men rekent er op en wordt er dus ook afhankelijk van. Het hulpmiddel moet werken en goed werken. Daarom groeit er tussen de persoon met een handicap en zijn hulpmiddel een haat-liefde verhouding. Onderzoekers en "bouwers" van dergelijke hulpmiddelen komen in dit vreemde spanningsveld terecht. Dikwijls groeit bij hen de interesse via iemand die iets niet kan, dus een gepast hulpmiddel nodig heeft. En dan begint de zoektocht zowel bij de onderzoeker als bij de gehandicapte. Deze evolueert tot een proces van wederzijdse beïnvloeding en groei. De gehandicapte leert zijn mogelijkheden uitproberen: hoever kan hij of zij de vingers nog plooiën? De onderzoeker kijkt wat er met die mogelijkheden psychisch en fysisch nog kan. Een steeds weer opduikend probleem is de vraag naar het uiteindelijke objectief: Wat is normaal? Wat is haalbaar? Wat moet en wil men nog kunnen en wat geeft men op? Een hulpmiddel is natuurlijk maar bevredigend wanneer de gebruiker ervan tevreden is. Tijdens dit hele proces verwerkt de gehandicapte ook zijn handicap. De uiteindelijke aanvaarding van het hulpmiddel is dan ook dikwijls de afsluiting van een rouwproces, waarin afscheid werd genomen van een ideaal en waarbij men zich ook realiseert dat het hulpmiddel toch ook weer niet helemaal maakbaar is. De onderzoeker van zijn kant wordt geconfronteerd met de grenzen van de technische mogelijkheden.

Eén zaak is toch niet onbelangrijk om hier even te vermelden: Niet alleen voor de gehandicapte is de zoektocht naar een geschikt technisch hulpmiddel soms een krachtproef.

Ook de onderzoeker moet soms een moeilijke weg gaan. Zo wordt hij gekonfronteerd met de moeilijke taak om zijn onderzoeksdoelstellingen uit te zuiveren. In universitaire kringen staan originaliteit en publiceerbaarheid van onderzoek hoog aangeschreven. Maar indien men wil werken met gehandicapten, zijn menselijk inzicht en technische multidisciplinariiteit minstens even zonet nog meer belangrijk. Daarom ook kan onderzoek naar technische hulpmiddelen zeker niet in een ivoren toren gebeuren. Een eerste vereiste is een nauwe dialoog met individuele gebruikers, hulpverleners en gebruikersverenigingen. De financiële en menselijke middelen in de sector zijn immers beperkt en de noden groot. Men moet weten wat er al bestaat, hoe bruikbaar het is en voor welke doelgroep het nuttig is. Spijtig genoeg moet gehandicaptenttechnologie in de praktijk dikwijls in de marge bedreven worden, d.w.z. naast het zogenaamde 'serieuze' werk. Daarenboven waren er tot voor kort ernstige lacunes in de logistieke en wetenschappelijke ondersteuning. Gelukkig komt hier langzaam verandering in. In eigen land fungeert het VLICHT, het Vlaams Informatie- en Communicatiecentrum voor Handicap en Technologie. In Europese projecten zoals TIDE (Technology Initiative for Disabled and Elderly) binnen het Vierde EU Kaderprogramma is er een grote aandacht voor behoeften van gehandicapten en bejaarden, die volwaardige gesprekspartners zijn in haalbaarheidsstudies en evaluaties. In 1993 startte de IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), één van de grootste en meest bekende internationale ingenieursverenigingen, de '*Transactions on Rehabilitation Engineering*', hetgeen zoveel betekent als een wetenschappelijke erkenning van de sector. Integratie is slechts mogelijk als zoveel mogelijk deuren geopend kunnen worden, ook al moeten de sleutels daarvoor worden aangepast. Meteen wordt dit een opgave voor de ontwerpers van technologie in het algemeen: de standaarddeur moet veel verschillende sleutels hebben zodat ze toegankelijk wordt voor iedereen. Technologie mag geen bijkomende drempels konstrueren voor randdgroepen in de samenleving.

Aan onze universiteit wordt reeds lang veel aandacht besteed aan dienstverlening aan gehandicapten en onderzoek naar nieuwe technieken en hulpmiddelen. In 1981 werden, op initiatief van de *Werkgroep gehandicapte studenten* de eerste studiedagen rond universitaire activiteiten voor gehandicapten georganiseerd ¹. Hierbij aansluitend werd door verschillende onderzoekseenheden een werkgroep gestart waarin getracht werd tot een meer coherent overzicht van het onderzoekswerk te komen. Niet minder dan drie gestructureerde initiatieven zagen in de daaropvolgende jaren het licht. In het midden van de tachtiger jaren werd door de K.U.Leuven het samenwerkingsverband met Caritas Catholica, LUCAS, opgezet. Eén van de belangrijke doelstellingen was het overzicht van bestaande universitaire activiteiten rond gehandicapten af te ronden en te publiceren. Eind oktober 1994 werd een volledig herwerkte editie van dit naslagwerk gepubliceerd. Om op het vlak van het zuiver wetenschappelijk onderzoek tot een gemeenschappelijke K.U.Leuven aanpak te komen werd, met steun van het Bureau van de Academische raad, het LIGO projekt opgezet. Dit samenwerkingsverband groepeert een tiental onderzoeksgroepen die zich als LIGO centrum kunnen profileren en dus samen een grotere expertise kunnen inbrengen in natio-

¹M. Van Acker (ed.), Verslagboek van de studiedagen "Universiteit en Gehandikaptent" (1981)

nale, regionale of Europese projecten. Een studieopdracht rond Buitengewoon onderwijs werd intussen aangevat. In 1995 richt LIGO ook een studiedag in over de "Kwaliteit van het Leven".

Een laatste voorbeeld dat we nog even willen bespreken, is de toepassing van informatietechnologie naar visueel gehandicapten toe. Alhoewel Louis Braille het blindenschrift reeds meer dan honderdvijftig jaar geleden bedacht, kan braille pas sedert de verspreiding van de personal computer efficiënt aangemaakt worden. Vertrekkende vanuit de behoeften van de blinde gebruikers en de praktische nood om alle gevraagde informatie toegankelijk te maken, is een groep onderzoekers nu wereldwijd actief in het ontwikkelen van de gepaste technieken om de toegankelijkheid van documenten te garanderen. De bedoeling is om voortaan alle teksten te structureren volgens internationale normen. Dit illustreert hoe ontwikkelingen voor gehandicapten positieve gevolgen kunnen hebben voor andere gebruikersgroepen. Tot voor kort dacht men immers al te gemakkelijk dat voor "de gehandicapten" specifieke technieken exclusief moesten ontwikkeld worden. Vandaag de dag echter moeten nieuwe technologische ontwikkelingen zo goed mogelijk aansluiten bij internationale harmonisatie-, normalisatie- en standaardisatie-initiatieven, van waaruit dan gemakkelijk afleidingen kunnen gemaakt worden voor gehandicapten, bejaarden en ook voor andere specifieke gebruikersgroepen. Dóórdenken in deze richting impliceert de aanvaarding van de verscheidenheid van de mens, van *alle mensen*, in behoeften en mogelijkheden.

We zouden hier de stelling willen poneren dat technologieresearch voor gehandicapten een leerschool kan zijn voor onderzoek in het algemeen. Wanneer men bezig is met onderzoek over technische hulpmiddelen leert men een aantal belangrijke principes. Het belangrijkste is immers de noodzaak aan een zeer grote aandacht voor de behoeften van de gebruikers, zowel als groep als individueel. Belangrijk is het besef dat communicatie essentieel is: zij is niet te vervangen door informatica al kan deze natuurlijk wel ondersteunend werken. Een goed hulpmiddel is een aanvaard hulpmiddel en daarvoor is dialoog en feedback nodig. Als onderzoeker blijft men mee verantwoordelijk voor een product: men kan er zich niet van distantiëren. In de dialoog met de verbruiker groeit de houding die Levinas in 'Het menselijk Gelaat' (Uitg. Ambo Baarn) definieert als de ethiek van de verantwoordelijkheid. Technologie bedrijven houdt altijd de keuze in voor een mens- en maatschappijbeeld. Men moet zich als onderzoeker bewust blijven van de relativiteit van een hulpmiddel: men kan er een persoon mee helpen maar men kan de handicap niet ongedaan maken. Dit doet niets af van de waarde van een hulpmiddel: het kan voor een persoon het verschil maken tussen stemhebbend en stemloos, tussen lezend en analfabeet. Maar menselijke nabijheid moet blijven, zelfs voor de technoloog. Het is een rijkdom te kunnen werken voor gebruikers met concrete noden. Het scherpt de motivatie, verruimt de verbeelding en leert bescheiden zijn. Naast lijden en tekort kan men nooit hoera roepen. Onderzoek en ontwikkeling in dit domein moeten gebaseerd zijn op teamwerk: in de eigen discipline, interdisciplinair en internationaal. Men werkt voor de totale mens en van daaruit is een globale benadering nodig.

In de opdrachtverklaring van de K.U.Leuven vinden we als belangrijke pijlers naast onderwijs het onderzoek en de maatschappelijke dienstverlening. Die stellingname vormt het draagvlak voor een technologie die zich expliciet richt naar sociale noden: zij het hulpmiddelentechnologie, milieutechnologie of andere. Een universiteit is een goede incubator voor research en ontwikkeling van technologie voor gehandicapten omdat de multidisciplinaire aanpak een noodzakelijke voorwaarde voor positieve resultaten is, overleg met gebruikers (studenten en anderen) vlot kan georganiseerd kunnen worden, de internationale kontakten toelaten duplicaatresearch te vermijden, alle gesofisticeerde communicatiemiddelen voorhanden zijn en tenslotte de status als universiteit een positieve impact heeft bij onderhandelingen tussen verschillende groepen waaronder gebruikers en producenten. Een hulpmiddel betekent hoop voor een persoon met een handicap. Hoop heeft altijd iets van het wonder dat langzaam gebeurt: het is een toegevoegde waarde aan het hier en nu.

2 Materialen die tot nadenken stemmen

Materialen zijn de klei waarmede wij onze wereld boetsen. Wij maken gebruik van hun structuur en eigenschappen vanaf het niveau van de atoom kern tot op het niveau van het macro-komposiet: van grafiet als neutronenvanger in een kernreactor, tot een multiplexplaat uit gekruiste houtlaagjes als vormvast meubelpaneel. Wij kunnen uit de honderd elementen die de tabel van Mendelejev ons ter beschikking stelt, in principe honderdduizenden materialen samenstellen, elk met een eigen combinatie van eigenschappen. Met de inventaris van de thans reeds beschikbare materialen wordt slechts een tipje van de sluier over deze ontelbare mogelijkheden gelicht. Wij kunnen bovendien door thermische, mechanische, magnetische of chemische behandelingen op een gegeven materiaal inwerken en zo de sterkte, de geleidbaarheid, de taaierheid en levensduur, en tientalle andere eigenschappen beïnvloeden en veranderen. De korrels van een constructiestaal tienmaal kleiner maken laat toe de Eiffeltoren te herbouwen met driemaal minder staal dan Eiffel er in 1889 voor nodig had. Wanneer men silica-glasvezels kan maken die één onzuiverheidsatoom per miljard atomen minder bevatten, levert dit een optische vezel met een tienmaal hogere performantie. En slaagt men er in de molecuulkettingen van een polyethyleenbuis op een beperkt aantal plaatsen met elkaar te verknopen, dan maken we er een product van met bijzonder interessante krimpeigenschappen. *Voor de fysicus en de materiaal-ingenieur lijkt de wereld inderdaad "maakbaar" te zijn.*

Bezig zijn met materiaalontwikkeling, inzicht verwerven in de dartele wisselwerking tussen de materiaalopbouw op microscopisch niveau enerzijds met de parameters van het productieproces en de resulterende materiaaleigenschappen anderzijds, zijn momenten niet alleen van professionele maar zelfs van existentiële vreugde bij de ingenieur. Vaststellen dat men deze inzichten kan toepassen bij het ontwerp van producten en het meemaken van de realisatie ervan in prototypes en vervolgens langs productielijnen leidt de ingenieur ertoe om samen met de dichter te roepen: *"My heart leaps up when I behold a rainbow in the sky"*. Het ogenschijnlijk triviale frisdrankblikje, massaproduct bij uitstek, draagt in feite in zich een complexe technologische geschiedenis. Deze start bij de electrolytische winning van

aluminium uit bauxiet, de zuivering van het metaal, het smelten en legeren in indrukwekkende smeltovens, het gieten in semi-continue en weldra in volledig continue gietinstallaties, het warm- en koudwalsen met intermediaire warmtebehandelingen, om tenslotte tot blikjes met een wanddikte van amper drietiende van een millimeter diep- en dungetrokken te worden. Elk van deze processtappen bepaalt mede de kwaliteit van het blikje en alleen met de meest geavanceerde proceskontroletechnieken kan de gevraagde kwaliteit behaald worden.

Maar we weten ook dat deze existentiële vreugde om wetenschappelijke inzichten of om technische realisaties, geen blinde euforie mag worden. Over-entoesiasme voor eigen creativiteit is gevaarlijk. Professionele voldoening staat vaak helemaal los van de reflectie over de finaliteit van de inzichten en de produkten die eruit voortvloeien. Wie het boek "The making of the atomic bomb" van Richard Rhodes leest zal ontdekken dat de periode tussen 1930 en 1945 één van de meest boeiende periodes uit de geschiedenis van het materialenonderzoek is geweest met als een van de hoogtepunten de spectaculaire Trinity test op die bewuste morgen van 16 juli 1945. Het hart van Oppenheimer, Teller, Fermi en Lawrence klopte heel wat sneller bij het zien van de rijzende paddestoelwolk. Maar nog ter plekke citeerde Oppenheimer uit de Bhagavad-Gita: *Now I am become Death, the destroyer of worlds.*

Het objectief om met deze bom snel een einde te kunnen maken aan de tweede wereldoorlog was zeker voor velen een geruststelling. De hoop om na een eerste militair gebruik de oorlog voorgoed uit de wereld te bannen is echter ijdel gebleken. De ontwikkeling van het kernwapen is echter het keerpunt in de geschiedenis waarop de mens zich vragen ging stellen over de grenzen van de technologische ontwikkeling. De atoombom kan gezien worden als het begin van de *techno-science*, de hechte verstrengeling van technologie en wetenschap waarbij wetenschap zonder technologie en technologie zonder wetenschap onmogelijk wordt. Hedendaagse voorbeelden van dergelijke mega-science projecten zijn de Hubble teleskoop of de deeltjesversnellers in de CERN.

Inmiddels worden wij met talloze nieuwe problemen geconfronteerd die ons verplichten tot bezinning over wat wij onder "maakbaarheid" van deze wereld verstaan: de grondstoffenproblematiek, de materialenhuishouding en het milieu, de sociale en economische problemen die ontstaan als gevolg van massaproductie en automatisatie, enz. . . Langzaam maar zeker ontstaat de nood aan een nieuw maatschappelijk-technologisch discours, waarbij een nieuwe relatie tussen echt vakmanschap en echt gebruikersschap gebaseerd is op een respectvolle relatie tussen mens en materie. *The real ugliness lies in the relationship between the people who produce the technology and the things they produce, which results in a similar relationship between the people who use the technology and the things they use*, aldus Robert Pirsig in *Zen and the Art of Motorcycle Maintenance* (Bantam Books, 1974). In de Japanse cultuur is technologie op een andere manier ingebed dan in de westerse. In Japan werden natuurwetenschap en techniek geïmporteerd. De absorptie ervan in de eigen cultuur heeft een eigen houding tegeover productie en technisch-wetenschappelijke ontwikkeling geïnduceerd. Deze is doordrongen van een fundamentele Zen-Sjintoëistische

instelling. Elk onderdeel van de motorfiets waarmee auteur Pirsig de VS rondreist, heeft een eigen technologische geschiedenis. De auteur kent ze in alle details vanaf het ijzererts over de staalfabriek, tot de stuikmachine. Hij kent ook de concepten die hebben geleid tot de materiaalkeuze en de geometrie van de bout. Hij begrijpt tenvolle de functie van die bout in het systeem. Dit begrip vormt de rationele komponent van de relatie tussen de bout, de motorfiets en de motorrijder, een relatie die gekenmerkt wordt door inzicht in een hiërarchie van concepten. Maar de bout zowel als de motorfiets hebben ook een *romantische* betekenis voor de motorrijder, los van het rationele, omwille van hun elegante vorm, hun mooie kleur, hun begeisterende functie, hun manier van zijn. En de echte relatie tussen mens en materie, aldus Pirsig, bestaat uit een combinatie van rationele en romantische (klassieke) elementen.

Denken we even terug aan de aluminium drankbus. Wie de complexiteit van haar geschiedenis kent, wie zicht heeft op de grote hoeveelheden energie die voor de productie van dit materiaal vereist zijn, wie oog heeft voor het design van dit product en voor de *onnatuurlijkheid* ervan in de natuur, komt tot een respectvolle relatie met het produkt, die hem ervan weerhoudt om het blikje zomaar te dumpen. Pirsig spreekt over Zen, wanneer hij het over deze relatie heeft. Het is een extrapolatie van een oproep tot respect voor de kosmos, tot de natuur, naar een respect voor de goederen die de mens door transformatie uit deze natuur heeft geproduceerd. Het is oproep tot zuinigheid, tot verantwoord gebruik, tot kringloopdenken. Het is ook de oorsprong van een zoektocht naar nieuwe technieken, waardoor *duurzame* produkten op een *duurzame* manier kunnen geproduceerd worden.

Wellicht hebben wij, westerse wetenschappers en technici, sinds de Verlichting en de daarmee gepaard gaande *mechanisering van het wereldbeeld*, tezeer een waardenvrije rationaliteit gepropageerd. De rationaliteit die wij aanbaden hield zich bewust buiten de *imponderabilia* van de mens en de samenleving. Zij verwaarloosde die aspecten van de werkelijkheid die niet kwantificeerbaar of moeilijk onder woorden te brengen zijn. Zij heeft de technologische ontwikkeling mogelijk gemaakt, en zonder twijfel welvaart voor velen tot stand gebracht. Maar technologische ontwikkeling kan niet uitdeinen zoals de big-bang in een heelal zonder grenzen. Na twee eeuwen industriële ontwikkeling zijn er grenzen in zicht en dienen wij keuzes te maken, teneinde 'Segen' van 'Nutzen' te onderscheiden².

Van essentieel belang wordt ongetwijfeld de *science sharing*, een doorgedreven inspanning naar alle lagen van de bevolking, om de impact en het belang van wetenschap en technologie op een verstaanbare manier uit te leggen. '*Mitteilung an alle Interessierten ist dabei nicht Folge, sondern wesentliches Element des Erarbeitens von neuen Erkenntnissen*', schrijft Fleischman. '*Ein solcher Wissenschaftsbegriff, der sich gleichermassen am Objekt und an den Menschen orientiert könnte der Universitätsidee neues Leben geben.*' Dit alles kan slechts gerealiseerd worden, niet vanuit de Westerse cultuur allen, maar slechts door een ontmoeting van culturen, door een *Verständigung*, of, zoals de Jezuiten stelden op hun laatste wereldcongres, *inculturerende* ontmoeting. Dit betekent een ontmoeting

²H. Pietschmann: Die Wahrheit liegt nicht in der Mitte. 1990 Edition Weitbrecht, K. Thienemanns Verlag.

waarbij men bereid is te ontvangen wat men mist, en prijs te geven wat niet langer relevant is. Zo'n inculturerende ontmoeting moet interactief zijn, continu, dynamisch en intens. In de '*nappe pensante du globe*' van Teilhard de Chardin, die nu gerealiseerd wordt in onze moderne telekommunikatienetwerken, is er een belangrijk debat noodzakelijk over Techniek, Nut en Zegen. Niet in het ijle, maar concreet. Niet *a posteriori*, maar *a priori*. Niet alleen over het meetbare, maar ook over het onmeetbare van onze manipulatie van de Schepping, waarvan wij weliswaar een wezenlijk onderdeel, maar dan toch maar een onderdeel zijn.

3 Een Gödeliaanse karaktertrek van wetenschap en technologie

*J'ai cherché la vie;
Je n'ai trouvé que la Science.*
Anoniem, Campus UCL

Technologie en wetenschap worden tegelijkertijd opgehemeld en verguisd. Maar dit is waarschijnlijk al het geval sinds Prometheus ons het vuur bracht. De technologieën, waarvan we er hierboven een paar hebben beschreven scheppen en vernielen, geven en nemen, en zijn tegelijkertijd drempels, struikelblokken, ladders en podia. Technologie en wetenschap hebben een Janusgezicht.

Het hoeft dan ook geen verwondering te wekken dat er een nieuw soort analfabetisme dreigt te ontstaan: dat van de technisch ongeschoolden of gedesinteresseerden, die geen boodschap hebben aan of zelfs een levendige afkeer van wetenschap en technologie. Nochtans zijn wij ervan overtuigd dat er geen weg terug is. Onze wereld is uitgegroeid tot een *technotoop*. De werkelijke uitdaging ligt hierin dat we het technotoop menselijk en leefbaar moeten houden. Paradoxaal genoeg lijkt de enige weg eruit te bestaan om op een verstandige manier beroep te doen op diezelfde wetenschap en technologie.

Want, in tegenstelling tot wat velen denken, leidt een technologische wereld niet per definitie naar een koele, afstandelijke, uitsluitend door efficiëntie geregeerde wereld. Enkele voorbeelden van het tegendeel: De informatietechnologie zal onze democratie verstevigen door een vrijere circulatie van informatie en door een verbetering van de participatiemechanismen. Ook door de informatietechnologie kan verontwaardiging over onrechtvaardige toestanden in de wereld, op een bredere schaal verspreid worden waardoor zij een ideale voedingsbodem vormt voor hulp- en solidariteitsacties. De vensters op de wereld die ons door de informatietechnologie worden geboden, zijn de meest doorzichtige die we ooit in de geschiedenis gehad hebben.

Een ander wat minder triviaal voorbeeld is het feit dat in het technotoop waarin we leven, het vertrouwen in en de afhankelijk van onze medemens enorm is toegenomen. En dit misschien in scherp contrast met het beeld dat soms van ons technotoop wordt geschetst als een harde, op koele beredenering en scherpe rationaliteit gebaseerde wereld. In het verkeer

te land en in de lucht, in onze voedsel- en watervoorziening, in de medische zorgen die we nodig hebben, in onze huisvesting, in onze vrije tijd, . . . zijn we zeer afhankelijk geworden van de anderen, in wie we dan een kwasi onbeperkt vertrouwen hebben. En bovendien wordt dit vertrouwen dan ook nog relatief zelden beschaamd. We zouden zelfs kunnen spreken over een *netwerk van vertrouwen* waarin de mens in zijn technotoop leeft.

Het technotoop kan echter niet uitsluitend bedacht en bestuurd worden door wetenschappers en technologen. Zij hebben hulp nodig, *van buitenaf*. Zoals we hierboven reeds aanstipten, hebben zij sinds de Verlichting teveel geleefd in een afstandelijke waardenvrije rationaliteit, waarin wetenschap en technologie als autonome systemen werden gehonoreerd. Te lang regeerde de dooddoener dat wetenschappers zelf niet verantwoordelijk zijn voor de gevolgen van hun 'vrij' onderzoek, maar wel de beleidsverantwoordelijken, de politici en de (al dan niet geestelijk gezonde) uitvoerders. *Pure science is irresponsible*, zo heet het, temeer omdat de wetenschap van al onze behoeften er slechts één kan bevredigen, namelijk onze nieuwsgierigheid. Niet alles in onze wereld kan mechanistisch verklaard, laat staan voorspeld, worden *par figures et mouvement*, zoals eens Descartes' droom was. Voortdurend immers ontstaan binnen de wetenschap en techniek vragen en problemen waarop die wetenschap en techniek zelf geen antwoord weten of kunnen vinden. Voorbeelden zijn de wapenwedloop, de genetische manipulatie, de sociale implicaties van de informatietechnologie, de Noord-Zuid problematiek, enz. . . . Het wordt steeds duidelijker dat de oplossingen van deze problemen meer en andere elementen en argumenten vereisen dan puur wetenschappelijke. We noemen dit het *Gödeliaanse trekje* van wetenschap en techniek, naar analogie met Gödels theorie i.v.m. logische systemen, waar de prijs voor consistentie, onvolledigheid is. Wetenschap en techniek kunnen dan wel *op zich* naar perfectie streven en daardoor voldoen aan zekere eisen van consistentie (of onfalsifieerbaarheid om Popper's jargon te gebruiken), maar zelf zullen ze als werktuig altijd *te schraal* zijn om werkelijke reële grote problemen op te lossen. Ze kunnen wel inzichten bieden, verduidelijkingen aanbrengen en soms zelfs bijna een volledige oplossing suggereren, maar desalniettemin is er meer nodig dan wetenschap en techniek alleen.

Een voorbeeld van deze Gödeliaanse trek is het ontstaan van een zogenaamd *etisch deficit*, dat kenmerkend is voor de moderne wetenschappen en technologie. Wanneer we even zwart-wit stellen dat wetenschappelijk gezien *alles* mogelijk is, dan worden we meteen geconfronteerd met een verschrikkelijk probleem: *Wat moeten we nu doen ?*. Als voorbeeld zouden we de moderne biotechnologie kunnen aanhalen, waardoor het wel lijkt alsof de *maakbare* mens binnen handbereik komt. Een andere voorbeeld is het kreëren en uitvinden van nieuwe wapens. Nog een ander voorbeeld wordt gevormd door de onbeperkte mogelijkheden - goede en slechte - van de informatietechnologie.

Deze vrijheid is verschrikkelijk om dragen, temeer omdat wetenschap en techniek zelf niet bij machte zijn om autonoom de keuzes aan te reiken. Er is hulp nodig van buitenaf. Er is nood aan nieuwe etische gedragscodes over wat wel en niet kan en we verkeren nu in grote zuurstofnood omdat die er niet of onvoldoende zijn. 'Vrijheid', zegt Mgr. Guido Maertens, *'is de waarde die door onze tijdgenoten met de meeste krachtadigheid verdedigd*

wordt. Maar ook de mogelijkheden om misbruik te maken van deze vrijheid zijn groter dan ooit. Vrijheid is niet om het even wat kiezen, maar de juiste richting inslaan. Ethiek is de wetenschap die de wegen tracht in kaart te brengen. Dit is niet altijd een sympathieke taak en ze moet zonder te moraliseren, de functie van de morele waarden aangeven.'

Een andere Gödeliaans voorbeeld: jurisprudentie en de wetgeving. Er zijn massaal veel lakunes in onze huidige wetgeving, zowel nationaal als internationaal, die veroorzaakt worden door een steeds maar voortschrijdende wetenschap en technologie. Zo bijvoorbeeld is het onderscheid tussen een *uitvinding* en een *ontdekking* vervaagd. Kunnen bijvoorbeeld numerieke algoritmen, die de basis vormen van de hierboven beschreven intelligente informatieverwerkende systemen, gepatenteerd worden? Zeker niet wanneer men de Platonische visie blijft hanteren dat de wiskunde, zijn axioma's en stellingen eerder *ontdekt* worden dan uitgevonden. M.a.w. men veronderstelt dat de mens stukjes en brokjes *ontdekt* van een werkelijkheid die altijd al bestaan heeft. Hetzelfde geldt trouwens voor een natuurwet zoals bvb. de gravitatie, waarover een brede consensus bestaat dat zoiets niet kan gepatenteerd worden. Maar stel dat iemand een bijzonder handige manier ontdekt om in één of ander algoritme voor privacy bescherming, twee grote getallen door mekaar te delen. Kan dit inzicht dan gepatenteerd worden of niet? Is een dergelijke wiskundige methode een *ontdekking* of een *uitvinding*? Wanneer deze wiskundige techniek geïmplementeerd wordt in silicium op een chip, dan is ie plots weer wel patenteerbaar!

Delikater wordt het wanneer ook het hierboven geciteerde etische deficit gaat meespelen. Is een transgene muis iets wat *ontdekt* wordt, of wordt *uitgevonden*? Is een plant met spektakulaire geneeskundige eigenschappen, die gefabriceerd werd met de meest moderne biotechnologische technieken, maar eerder niet voorkwam in de natuur, *patenteerbaar*? Waar ligt trouwens die grens tussen leven en dood, een lijn die zo belangrijk is bij etisch gekleurde debatten over abortus en eutanاسie?

Deze en vergelijkbare vragen en de antwoorden erop vormen een omvangrijk *terra incognita*, waarvan nog geen kaarten bestaan. In de kennismaatschappij van morgen, bestaat er een enorme uitdaging om een nieuw soort technologie-analfabetisme te voorkomen. De massa informatie die we elke dag te verwerken krijgen en de toenemende snelheid waarmee veranderingen in onze maatschappij zich voltrekken, zullen in de nabije toekomst resulteren in een *lerende samenleving*. Het *leren leren* met zijn adagium *Teach the students how, not what to think*, en de zogenaamde *science sharing* stellen ons en onze universiteit voor reuzegrote uitdagingen. We zullen moeten leren zwemmen in de informatie-zee, of om in het jargon van de Generation X te blijven, *learn to surf on the informationhighway*! In hun meest onschuldige vorm willen wetenschap en technologie *de mens dienen*. Maar *welke mens, in welke samenleving*? Weinig technici en wetenschappers staan stil bij deze vraag. *Wat kan, moet gebeuren*, is een onderhuidse principe dat onze dadendrang in belangrijke mate regeert. Op die manier wordt de maakbare mens het produkt van een technologie die haar eigen grenzen bepaalt, of juist niet.

Eigenlijk vormen de hierboven aangehaalde problematieken een krachtig *appèl* van de

positieve en biomedische naar de humane wetenschappen, of beter, de geestes- en cultuurwetenschappen toe. Steevast wordt geklaagd over een toenemende divergentie tussen beide groepen van wetenschappen. Precies omdat de positieve en biomedische wetenschappen zoveel vragen oproepen die ze zelf niet aankunnen, komt hier een groot terrein vrij voor onderzoekers uit die andere wetenschappen. Het lijkt ons dat dit Gödeliaans appèl een fantastische uitdaging vormt voor elke universiteit naar de 21ste eeuw toe, maar zeker voor de *volledige* universiteit die de K.U.Leuven is.

Het is Roger Dillemans die hiervoor de afgelopen dekade de grondslag heeft gelegd. En daarvoor alleen al zijn wij hem dankbaar.