

9.2 Computers ontwerpen, toen¹

C.S. Scholten

In de zomer van het jaar 1947 bevond ik mij op vakantie te Almelo. In het begin van dat jaar had ik, op dezelfde dag als mijn beste vriend en onafscheidelijk studiegenoot Bram Jan Loopstra, met goed gevolg het kandidaatsexamen wis- en natuurkunde afgelegd. De verplichte korte kennismaking met de drie grote laboratoria - het Natuurkundig Laboratorium, het V.d. Waals Laboratorium en het Zeeman Laboratorium - was achter de rug en ons wachtte de doktoraalstudie experimentele natuurkunde, in het kader waarvan wij gedurende twee jaar praktisch werkzaam zouden moeten zijn aan een der drie bovengenoemde laboratoria.

Op zekere dag ontving ik in Almelo een telegram van ongeveer de volgende inhoud: 'Wilt u medewerken aan de bouw van een automatische rekenmachine?'. Voor alle zekerheid had men nog één zin toegevoegd: 'De heer Loopstra heeft reeds toegezegd'. Afzender was 'Het Mathematisch Centrum', blijkens verdere gegevens gevestigd te Amsterdam.

Even overwoog ik of mijn vriend reeds mijn medewerking had toegezegd, doch in dat geval leek het telegram overbodig, en die veronderstelling diende dus te worden verworpen. Het één was overigens zo goed als het ander: een verbreking van onze jarenlange samenwerking (daterend uit het begin van de middelbare school) was eenvoudig ondenkbaar. Bovendien bevatte het telegram nog een tweetal aantrekkelijke punten: 'automatische rekenmachine' en

1. Voordracht gehouden ter gelegenheid van de uitreiking van de Dr.Ir. De Groot-plaquette aan prof.dr. G.A. Blaauw op 23 november 1973. Met toestemming overgenomen uit *Informatie* 22 - 4 (april 1980), pp. 337 - 341. Drs. C.S. Scholten was mede-ontwerper van een aantal der eerste rekenmachines van Nederlandse bodem, waaronder de ARRA's, X1 en de X8.

‘Mathematisch Centrum’ waren voor mij nieuwe begrippen, waaromtrent ik niet meer kon bevroeden dan uit de naam viel af te leiden. Aangezien de kosten van een telegram mijn draagkracht te boven gingen, postte ik een briefkaart, met als inhoud ‘Akkoord’ en ging over tot de orde van de (vakantie)dag. Diegenen onder u die wel eens met de werving van personeel te maken hebben gehad, zullen, naar ik aanneem, vervuld zijn van bewondering voor dit unieke staaltje van wervingstaktiek: geen gezeur over salaris of werktijden, om van irrelevante details als pensioen, vakantie en uitkering bij ziekte maar te zwijgen. Tot uw geruststelling zij vermeld dat men mij inderdaad een salaris enz. bleek te hebben toegedacht, in onze ogen zelfs op vrij ruime wijze.

Over de vraag op welke wijze de nieuwe werkring gekombineerd kon worden met de verplichte tweejarige laboratoriumwerkzaamheden maakte ik mij weinig zorgen; ik was van mening dat men daarvoor maar een oplossing moest bedenken. Die werd bedacht: die laboratoriumwerkzaamheden mochten worden vervangen door onze arbeid bij het Mathematisch Centrum.

Teruggekeerd in Amsterdam bleek mij het volgende: het Mathematisch Centrum was gesticht in 1946, met een doelstelling die zich wel ongeveer uit de naam laat afleiden. Een van de afdelingen was de ‘Rekenafdeling’, waar nijvere jongedames met behulp van handrekenmachines - in de wandeling bekend als ‘koffiemolens’ - langs numerieke weg oplossingen bepaalden van b.v. differentiaalvergelijkingen (in een later stadium werden aan het machinepark ook z.g. ‘boekhoudmachines’ toegevoegd). De behandelde problemen waren meestal afkomstig van externe opdrachtgevers. Chef van de Rekenafdeling was dr. ir. A. van Wijngaarden. Verhalen omtrent automatische rekenmachines hadden ook de leiding van het Mathematisch Centrum bereikt en het was van meet af aan duidelijk dat een dergelijk stuk gereedschap - indien levensvatbaar - voor met name de Rekenafdeling van eminent belang zou kunnen zijn. Er was echter geen sprake van dat men deze apparatuur ergens kon kopen; zij die er over wilden beschikken, dienden zelf de bouw ter hand te nemen. Bijgevolg werd besloten tot de oprichting van een aparte groep, ressorterend onder de Rekenafdeling, met als taak de konstruktie van een automatische rekenmachine. Gezien de vermoedelijke aard van de werkzaamheden van deze groep, was deze dus binnen het Mathematisch Centrum een vreemde eend in de bijt, gedoemd te verdwijnen, zo niet na voltooiing van de eerste machine, dan toch wel zodra dit soort gereedschap een normaal handelsobjekt zou worden.



*Bram Loopstra en de rekenaarsters bij de ARRA II begin 1954:
zittend v.l.n.r.: Ria Debets, Truus Hurts en Bram Loopstra;
staand v.l.n.r.: Marijke de Jong, Dineke Botterweg, Eddy Alleda, Diny
Postema en Emmy Hagenaar.*

Opgemerkt dient te worden dat wij niet de enige groep in Nederland waren die zich met de konstruktie van rekenmachines bezighield. Naar ons later bleek was dr. ir. W.L. v.d. Poel al in 1946 begonnen een machine te konstrueren. Aldus de situatie op dat moment. Onze direkte baas was dus Van Wijgaarden en de nieuwbakken groep van twee man werd voorlopig gehuisvest in een kamer van het Natuurkundig Laboratorium aan de Plantage Muidergracht, alwaar prof. Clay de scepter zwaaide. Ons eerste wapenfeit bestond uit het slopen van een in die kamer aanwezige hoogspanningsinstallatie, zeer tot

ontsteltenis van Clay die aan het ding zijn hart had verpand, doch te laat verscheen om het onheil te kunnen keren. Vervolgens kwamen wij op de gedachte dat het wel eens nuttig zou kunnen zijn de kamer te voorzien van wat stopkontakten met 220V aansluiting, en wij begaven ons dus naar het Waterlooplein, vanwaar wij terugkeerden met een tweedehands hamer, nijptang, schroevendraaier, wat draad en enige houten (het was 1947!) stopkontakten. Ik herinner mij dat ik mij afvroeg of wij de met deze aankopen korresponderende, in onze ogen exorbitante rekening redelijkerwijze zouden kunnen indienen. We hebben het toch maar gedaan.

Na aldus onze kamer van spanning te hebben voorzien be kroop ons het onaangename gevoel dat er nu iets van ons werd verwacht, doch wij hadden geen flauw idee hoe wij moesten beginnen. Wij besloten de schaarse literatuur maar eens te raadplegen. Dit onderzoek leverde in het bijzonder twee artikelen op: een over de ENIAC, een digitale (decimale) computer, ontworpen ten behoeve van ballistische problemen en één over een differential analyzer, een apparaat bestemd voor het oplossen van differentiaalvergelijkingen, waarin de waarden van variabelen werden gerepresenteerd door kontinu veranderlijke fysische grootheden, in het geval van dit artikel door de verdraaiing van assen. Het eerste artikel was abominabel slecht geschreven en onbegrijpelijk en voorzover wij het wel begrepen was het afschrikwekkend, b.v. door het noemen van een aantal van 18.000 radiobuizen, een aantal waarvan wij zeker waren dat onze werkgever het nimmer zou kunnen bekostigen. Het tweede artikel (van de hand van V. Bush) was daarentegen, uitstekend geschreven en gaf ons het idee dat zoiets inderdaad bouwbaar moest zijn.

Het moest dus een differential analyzer worden, en wel een mechanische. Zoals wij thans weten wedden wij daarmee op het verkeerde paard, maar ten eerste wisten wij dat niet en ten tweede maakte het in feite ook niets uit. In eerste instantie waren wij n.l. tegen geen van beide taken opgewassen, eenvoudigweg bij gebrek aan enige elektronische opleiding. Elektriciteitsleer en atoomfysica werden wij geacht te beheersen, doch hoe een radiobuis er van binnen uitzag wisten slechts de radioamateurs in onze kringen, en dat waren wij bepaald niet. Ons eigen (voorkandidaats) practicum bevatte, naar mijn beste weten, geen enkele proef waarbij een radiobuis het objekt van studie was, en het natuurkundig practicum voor medici (het z.g. 'medisch practicum') waar wij een jaar lang als studentassistent het toezicht hadden uitgeoefend, bevatte zegge en schrijve één zo'n proef. Het betrof een gelijkrichter, door kollega's met enige training in de archeologie gedateerd omtrent het einde van de eerste wereldoorlog.

De bijbehorende handleiding schreef voor de 'plaatspanning' pas enige tientallen sekonden na de gloeispanning in te schakelen, en de practicanten moesten de vraag beantwoorden wat de reden was voor dit voorschrift. De antwoorden waren bij tijd en wijle zeer vermakelijk. Een daarvan wil ik u niet onthouden: 'Dat is om de stroom de gelegenheid te geven één keer rond te gaan'.

Ons eerste eigen experiment met een radiobuis zou in een slapstickfilm bepaald niet misstaan hebben. Het betrof een triode, in de anodeleiding waarvan wij voor alle zekerheid maar een megohm hadden opgenomen. Veilig verschanst

achter een op zijn kant gelegde tafel schakelden wij de 'proef' in. Het verschil met de slapstickfilm was dat er in ons geval uiteraard niets geschiedde van enig belang.

Met behulp van enige leerboeken, en niet te vergeten de 'buisenboekjes' van enige fabrikanten van deze nuttige voorwerpen, spijkerden wij onze elektronische kennis enigermate bij en wij slaagden er zowaar in een tweetal onderdelen, die in de differential analyzer een rol moesten gaan spelen, in een zodanige staat te brengen dat uit hun werking althans te raden viel wat de bedoeling was. Het waren een momentversterker en een curvevolger. Hoe wij deze apparaten zodanig moesten vervolmaken dat ze, betrouwbaar functionerend, in enig aantallen geproduceerd zouden kunnen worden was ons voorhands een raadsel. De oplossing van dit raadsel is nimmer gevonden. Door mij eerst recht niet, daar omstreeks deze tijd (januari 1948) het moment gekomen was waarop de militaire dienst meende mijn aanwezigheid niet langer te mogen ontberen. In de twee jaar en acht maanden van mijn afwezigheid (ik keerde in september 1950 in het burgerleven terug) voltrok zich een drastische wijziging, die ik, dank zij frekwente kontakten met Loopstra kon blijven volgen.

Allereerst verhuisde het Mathematisch Centrum inklusief onze groep, naar het huidige pand in de 2e Boerhaavestraat 49. het zag er overigens toen wel wat anders uit. Het gehele gebouw had bestaan uit twee symmetrisch gebouwde scholen. In de oorlog was het gebouw door de Duitsers gevorderd en als garage in gebruik genomen. In verband daarmee was de buitenmuur van een van de gymnastieklokalen gesloopt. Thans was één helft weer als school in gebruik, de andere helft, alsmede de zolder boven beide helften, kreeg het Mathematisch Centrum toegewezen. De Duitsers hadden in het gebouw een munitielift geïnstalleerd. De lift was verdwenen, de bijbehorende liftkoker niet. Gelukkig bevonden zich onder ons weinigen met suicidale neigingen. Het matglas in de deuren van de toiletten (een oude school!) was reeds lang verdwenen; in verband met het decorum werden er gordijntjes voor gehangen.

Van Wijngaarden kon lange tijd beschikken over een gat in de vloer naast zijn bureau, korresponderend met een gat in het plafond van een daaronder gelegen (onbewoonde) kamer. Ondanks zijn in die tijd indrukwekkende sigarenkonsumptie heb ik niet gemerkt dat deze gigantische asbak ooit vol raakte.

Het aantal medewerkers in onze groep had inmiddels enige uitbreiding ondergaan; alles bij elkaar wellicht een stuk of vijf.

De belangrijkste wijziging in de situatie betrof uiteraard onze verdere plannen. Het idee van een differential analyzer was verlaten, daar het inmiddels duidelijk was geworden dat de toekomst toebehoorde aan de digitale computers. Bij mijn terugkomst had men reeds het grootste stuk van een dergelijke computer, de 'ARRA' (Automatische Relais Rekenmachine Amsterdam), gerealiseerd. Voornaamste koponenten waren relais (voor diverse logische functies) en buizen (voor de flipflops waar de registers uit waren samengesteld). De relais waren Siemens high-speedrelais (schakeltijden in de orde van een paar millisekonden), door Loopstra en Van Wijngaarden hoogstpersoonlijk opgehaald

uit een Engelse oorlogsdump. Zij bevatten één wisselkontakt (breek voor maak), aan- en afkontakt waren rigide opgesteld, zij het instelbaar. Uit logisch oogpunt aantrekkelijk waren de twee gescheiden spoelen (met gelijk aantal windingen): zowel de inklusieve als de eksklusieve offunktie lagen dus voor het grijpen. De relais werden door ons op octalvoeten gemonteerd en in een wat later stadium omhuld met een plastic zakje, zulks ter voorkoming van kontaktvervuiling.

Zij waren een voortdurende bron van zorg: schakeltijden waren onbetrouwbaar (in het bijzonder indien de eksklusief-of werd toegepast) en kontaktdegeneratie trad toch op.

Het schoonmaken van de kontakten ('pootjes poetsen') en het weer instellen van de schakeltijden vormde een regelmatig terugkerend tijdverdrijf, waarvoor niet zelden een beroep werd gedaan op de meisjes van de Rekenafdeling. Het instellen geschiedde op een relaistester en tijdens dit instellen stonden de kontakten onder een forse spanning. Voor het instellen werd weliswaar een instrument met houten handvat gebruikt, doch te oordelen naar de verwensingen die af en toe de lucht in werden geslingerd was dit niet afdoende.

Voor de flipflops werden dubbeltrioden gebruikt, gevolgd door een eindbuis, teneinde een voldoende groot aantal relais te kunnen drijven, alsmede een gloeilampje voor visuele indicatie van de toestand van de flipflop. Aangezien de ARRA drie registers bevatte van 30 bits elk zullen er zo ongeveer 90 eindbuizen geweest zijn, en wij konstateerden tot ons misnoegen dat 90 eindbuizen uitstekend kunnen oscilleren. Na verloop van enige tijd wisten wij precies in de fitting van welk gloeilampje wij een draad van ca. 2 m. moesten hangen om de oscillatie kwijt te raken.

Als geheugen fungeerde in een wat later stadium een trommel (aanvankelijk werden de opdrachten via stappenschakelaars uit een stekerbord gelezen); voor in- en uitvoer waren een bandlezer (papier, de magneetband moest nog uitgevonden worden) en een verreschrijver ter beschikking. Een houten keukentafeltje deed dienst als bedieningslessenaar.

Relais en buizen mochten dan de voornaamste logische bouwstenen zijn, de enige waren zij beslist niet. Zonder al te veel overdrijving kan men zeggen dat de ARRA een staalkaart was van hetgeen de elektronische industrie te bieden had, een omstandigheid waartoe onze frekwente reizen naar Eindhoven, vanwaar wij veelal terugkeerden met enige 'proefexemplaren', niet weinig bijdroegen. In de trein terug plachten wij allereerst na te mijmeren over de genoten voortreffelijke lunch, en vervolgens te inventariseren, teneinde vast te stellen of wij voldoende mee terug brachten om de reiskosten er uit te hebben. Dit onderzoek pakte meestal positief uit.

Vermeld zij nog dat de ARRA (in hoofdzaak) niet geklokt was. Elke primitieve operatie werd gevolgd door een 'operation complete' signaal, dat op zijn beurt de volgende operatie startte. Het is wel vermakelijk dat heden ten dage soms weer een dergelijk systeem wordt gepropageerd (maar dan hopelijk wat betrouwbaarder dan hetgeen wij produceerden) ter voorkoming van glitch-problemen, maar dat begrip kenden wij toen nog niet.

Onnodig te zeggen dat de ARRA dermate onbetrouwbaar was dat er weinig of

geen produktief werk mee kon worden verricht. Wel werd hij officieel in gebruik gesteld. Halverwege 1952 was het zover. Te onzent verscheen de toenmalige Minister van Onderwijs Zijne Excellentie F.J. Th. Rutten en stelde de ARRA met enige plechtigheid officieel in gebruik. Voor dat doel hadden wij zorgvuldig een demonstratieprogramma gekozen waarmee zo weinig mogelijk mis kon gaan, t.w. het produceren van random getallen à la Fibonacci.

Wij hadden de demonstratie zo vaak gerepeteerd dat wij hele stukken van de te produceren cijferreeks uit het hoofd kenden, en wij haalden verlicht adem toen wij konstateerden dat de machine de korrekte output produceerde.

Achteraf heb ik mij er wel eens over verbaasd dat deze demonstratie ons niet op een schrobbering van hogerhand is komen te staan. U stelle zich voor: u laat zich als Minister van Onderwijs, ten Departemente uitvoerig voorlichten omtrent de wonderen waartoe de thans in opkomst zijnde rekenautomaten in staat zijn; u begeeft zich naar de officiële ingebruikstelling en daar wacht u een gezelschap dat u uitlegt dat, ter adstruktie van deze wonderen, de machine straks een serie random cijfers zal produceren. Wanneer het dan zover is, vertelt men u met een stralend gezicht dat de machine uitstekend funktioneert. Ik neem aan dat ik verondersteld zou hebben dat men, zo al niet met de waarheid, dan toch wel met mij een loopje had genomen. Zijne Excellentie bleef echter vriendelijk, een opmerkelijk staaltje van zelfbeheersing.

De emoties opgeroepen door deze festiviteit waren blijkbaar te veel geweest voor de ARRA. Na de opening is er, voor zover ik mij herinner, geen redelijke regel uitvoer meer geproduceerd. Na enige tijd, tegen het einde van 1952, besloten wij de ARRA als hopeloos geval op te geven en wat anders te gaan doen. Daarvoor bestond overigens nog een andere reden. Het jaar 1952 moet, voor wat betreft het personeel van het Mathematisch Centrum, als een uitstekend oogstjaar worden beschouwd: in maart en november van dat jaar verschenen resp. Edsger Dijkstra en Gerrit Blaauw ten tonele. Van deze beiden is vandaag en voor het vervolg van ons verhaal vooral de laatste van belang.

Gerrit had aan computers gewerkt in Harvard, onder de verantwoordelijkheid van Howard H. Aiken. Hij had er ook een dissertatie geschreven en was bereid gevonden zijn kennis en inzicht ten dienste te stellen van het Mathematisch Centrum. Nu waren wij in die tijd niet zulke heel erg volgzame jongetjes. Laat ik mij als volgt uitdrukken: wij waren ons er natuurlijk van bewust dat we de wijsheid niet in pacht hadden, doch wij achtten het hoogst onwaarschijnlijk dat een ander het beter zou weten. Derhalve werd de 'nieuwkomer' met enige argwaan bekeken. Des te groter was de prestatie van Gerrit, die ons in één lezing overtuigde van de zinvolheid van hetgeen hij had voor te stellen. Dat was nogal wat: een geklokte machine, uniforme bouwstenen, bestaande uit en/of schakelingen van diverse soorten en bijbehorende versterkers, plugbare (en dus verwisselbare) eenheden, een zindelijke ontwerpmethod, gebaseerd op het gebruik van twee alternerende, gescheiden reeksen klokpulsen en een behoorlijke dokumentatie.

Wij waren voor het plan gewonnen en gingen aan het werk. Een kleine moeilijkheid moest nog worden overwonnen: wat wij zouden gaan doen was uiteraard niets meer of minder dan het bouwen van een nieuwe machine en

juist dat feit stuitte op wat politieke moeilijkheden. De oplossing van dit probleem was eenvoudig: formeel zou het een 'revisie' van de ARRA worden. De nieuwe machine heette dus ook ARRA (wij zullen in het vervolg maar spreken over ARRA II), maar de dubbele bodem was voor iedere bezoeker volstrekt duidelijk: de frames van de twee machines waren ten duidelijkste gescheiden opgesteld, met geen enkele verbindingsdraad ertussen.

Voor de en/of-schakelingen werd besloten tot het gebruik van selenium dioden. Die arriveerden bij ons gemeenlijk in de vorm van selenium gelijkrichters, een soort rotjes van flink tot gigantisch formaat, die wij openpeuterden teneinde de afzonderlijke gelijkrichterplaatjes, met een diameter ter grootte van ongeveer de helft van die van een hedendaags dubbeltje, te voorschijn te brengen. De montage - de seleniumplaatjes verdroegen geen hoge temperaturen, solderen was uitgesloten - was als volgt: in een flink dikke plaat pertinax werden gaten geboord. Het ene einde van het gat werd afgesloten met een metalen prop, in het aldus ontstane potgat gingen een drukveertje en een seleniumplaatje en tenslotte werd het andere einde van het gat ook afgesloten met een metalen prop. Voor de verbinding van de propen onderling hadden wij bedacht dat het gebruik van zilververf aangewezen was, en dra waren wij bezig onze eerste eigen painted circuits te schilderen. Enige tijd later hadden wij volop reden dit besluit te verwensen. De betrouwbaarheid van deze verbindingen was matig, om het maar eens gematigd uit te drukken, en omstreeks deze tijd moet het 'hoogfrequent hamertje' zijn uitgevonden: wij namen een klein hamertje met rubberen kop en ratsten daarmee langs de handvaten van de eenheden, zoals een kind met zijn hand langs de spijlen van een hek. Het bleek een effectief middel om intermitterende onderbrekingen permanent te maken. Aan een schatting hoeveel onderbrekingen wij op deze wijze introduceerden zal ik me maar niet wagen. In een later stadium werden de seleniumdioden dan ook vervangen door germaniumdioden die gewoon gesoldeerd werden.

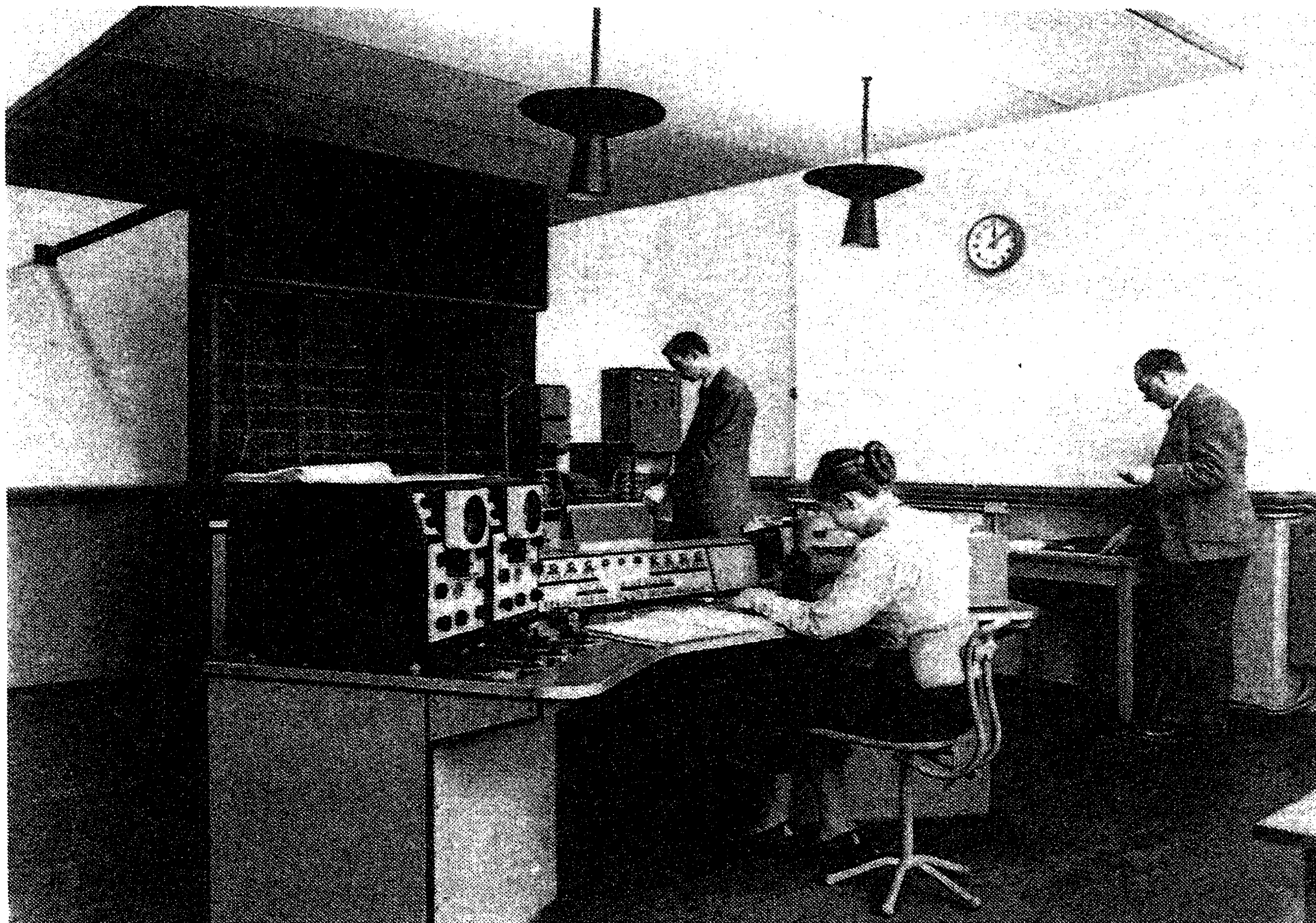
De en/of-schakelingen werden gevolgd door een triode-versterker en een kathodevolger. Ook ARRA II kreeg een trommel en een bandlezer. Ten behoeve van de uitvoer werd een elektrische schrijfmachine geïnstalleerd, waarvan wij 16 toetsen bedienbaar hadden gemaakt door er magneten onder te bouwen. De dekodierungsboom voor deze magneten verschafte ons het middel om een echo-check in te bouwen en Dijkstra fabriceerde hiermee een routine waarin, tegelijk met het printen van een getal, ditzelfde getal (als alles goed ging) weer werd opgebouwd. Ik neem aan dat wij aldus beschikten over een der eerste volledig gekontroleerde printroutines. Karakteriserend voor de snelheid van ARRA II was de tijd van een optelling: 20 ms (n.l. de tijd van een trommelomwenteling).

ARRA II kwam in bedrijf in december 1953, deze keer zonder ministeriële hulp, doch hij verrichtte aanmerkelijk meer nuttig werk dan zijn voorganger, ondanks de technische moeilijkheden als boven geschetst.

De ontwerpfase van ARRA II markeert voor mij het punt waarop het ontwerp van computers een vak begon te worden. Niet weinig werd daartoe bijgedragen

door de invoering van uniforme bouwstenen, beschrijfbaar in een multidimensionale binaire toestandsruimte, waardoor toepassing van zulk soort gereedschappen als booleaanse algebra zinvol werd. Wij hadden bedacht hoe wij ARRA II moesten voorzien van een getekende additieve vermenigvuldiging voor integers (d.w.z. een operatie van de vorm $(A, S) := (M) * (S) + (A)$, voor alle tekenkombinaties van (A) , (S) en (M) vooraf en van het resultaat), niettegenstaande het feit dat ARRA II slechts beschikte over een opteller ter breedte van één register. Voor zover ik mij kan herinneren was dit de eerste keer dat ik een dokument wijdde aan het bewijs dat de voorgestelde oplossing korrekt was. Ongetwijfeld was het bewijs in een vorm waarmee ik vandaag geen genoegen meer zou nemen, maar toch... Het werkte inderdaad zoals bedoeld, en u kunt zich mijn geamuseerdheid voorstellen toen ik na enige jaren, uit een frans boek over computers, uitgerekend ten aanzien van dit probleem mocht vernemen dat het onoplosbaar was.

In mei 1954 werd begonnen aan een (iets gewijzigde) kopie van ARRA II, de FERTA (Fokker's Eerste Rekenmachine Type ARRA), bestemd voor Fokker. De FERTA werd aan Fokker overgedragen in april 1955. Deze hele affaire was voornamelijk in handen van Blaauw en Dijkstra. Kort daarna verliet Blaauw de dienst van het Mathematisch Centrum.



De ARMAC in 1956. Rechts Carel Scholten, midden Reina Mulder.

In juni 1956 werd de ARMAC (Automatische Rekenmachine Mathematisch

Centrum), opvolger van ARRA II, in gebruik genomen, enige tientallen malen zo snel als zijn voorganger. Ontwerp en konstruktie hadden ongeveer 1½ jaar in beslag genomen. Vermeldenswaard is dat bij de ARMAC voor het eerst gebruik gemaakt werd van kerntjes, zij het op bescheiden schaal (in totaal 64 woorden à 34 bits, naar ik meen). Voor het produceren van de horizontale en vertikale selektiestromen voor deze kernmatjes gebruikten wij grote kernen. Voor het drijven van deze grote kernen dienden deze echter voorzien te worden van een spoel met redelijk veel windingen. Uitgebreide borduurwerkzaamheden leken ons niet zo aantrekkelijk en daarom werd de volgende oplossing bedacht: uit doorzichtige kunststof werd een (vrij diepe) velg gedraaid. Aldus hadden wij nu twee ringetjes: de velg en het kerntje. De velg werd op een plaats doorgezaagd en de flexibiliteit van het materiaal maakte het dan mogelijk de twee ringetjes in elkaar te haken. Daarna werd de spoel aangebracht in de velg, door deze van buiten af m.b.v. een rubberen wielte in draaiing te brengen. Een keurig gewonden spoel was het resultaat. Vervolgens werd het geheel ingegoten in Araldite. Het (onbedoelde) verrassende effect was dan dat, daar de brekingsindices van kunststof en Araldite blijkbaar weinig verschilden, de kunststoffen velg volstrekt onzichtbaar werd. De toeschouwer zag in het Araldite een kern, met daaromheen, los zwevend, een prachtig regelmatig gewonden spoel. Menige bezoeker hebben wij geruime tijd in het ongewisse gelaten hoe wij deze dingen produceerden! De tijd van het amateurisme liep ten einde. Computers begonnen op de markt te verschijnen en het feit dat onze groep, inmiddels aangegroeid tot enige tientallen medewerkers, in feite in het Mathematisch Centrum niet thuishoorde begon zich op pijnlijke wijze aan ons op te dringen. Geleidelijke opheffing van de groep was natuurlijk een mogelijkheid, doch betekende vernietiging van een goed stuk know-how. Een oplossing werd gevonden doordat de Nillmij, zelf al geruime tijd doende haar administratie te automatiseren m.b.v. Bull ponskaartenapparatuur, verklaarde onze groep te willen gebruiken als kern voor een op te richten Nederlandse computerindustrie. Aldus geschiedde. De nieuwe firma, de N.V. Elektrologica, werd formeel in 1956 opgericht en geleidelijk werden de medewerkers van onze groep overgeheveld naar Elektrologica, een periode die werd afgesloten met mijn eigen overgang per 1 januari 1959. Als eerste commerciële machine ontwierpen wij een volledig getransistoriseerde computer, de X1, waarvan het prototype eind 1957 zijn eerste berekeningen uitvoerde. De snelheid was ongeveer tienmaal die van de ARMAC.

Hiermee beschouw ik de door mij te behandelen periode als afgesloten. Wanneer ik mijn herinneringen konfronteer met de titel van deze voordracht, dan moet het mij van het hart dat 'computers ontwerpen' als zodanig eigenlijk niet bestond: de activiteiten die aldus konden worden bestempeld gingen onder in het totaal van de zorgen die onze aandacht vroegen. Zij die zich in die tijd met de konstruktie van rekenmachines bezighielden werkten meestal in zeer kleine teams en verrichtten alle werkzaamheden die nodig waren. Wij beslisten over de konstruktie van rekken, over deuren en sluitingen, over de plaatsing van ventilatoren (de ARMAC verstookte 10 kW!), wij monteerden krachtstroomverdeelkasten plus bijbehorende leidingen, wij kenden de verkrijgbare

zekeringen en doorsneden van elektrische leidingen uit het hoofd, wij soldeerden, wij tuurden op oscillografen, wij klommen, gewapend met een stofzuiger, in de machine teneinde deze schoon te zuigen, en, inderdaad, het kwam ook voor dat wij ons bezighielden met ontwerpen.

Wij moeten niet idealiseren. Zoals u uit het voorgaande wel duidelijk geworden zal zijn werden wij af en toe door technische problemen gebracht tot op de rand van de wanhoop.

Inadekwate componenten speelden ons parten, zo goed als gebrek aan kennis en inzicht. Dit gebrek bestond overigens niet alleen in onze groep: de wereld beheerste het vak nog niet.

Het was echter tevens een fascinerende tijd, door een voortdurend besef van 'nie dagewesen', ofschoon dat laatste misschien niet altijd letterlijk juist was. Het was een tijd waarin het organiseren van overwerk, desnoods hele nachten lang, geen enkel probleem opleverde.

Het was een tijd waarin wij een groot gedeelte van de deelnemers aan internationale konferenties over computers althans van gezicht kenden!