

# Computer-gestuurd onderwijs: onderzoek in Nederland

B. CAMSTRA

*Psychologisch Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam*

## Samenvatting

*In dit artikel wordt een inventarisatie gegeven van het onderzoek dat in Nederland gebeurt en gebeurd is op het gebied van computer-gestuurd onderwijs. In het eerste deel wordt een kort overzicht gegeven van wat CAI (computer-assisted instruction) inhoudt. Na een hiërarchische indeling in de begrippen computer-managed instruction, computer-assisted instruction en learner-controlled instruction wordt ingegaan op de voor CAI noodzakelijke apparatuur en programmatuur waarna het eerste deel wordt afgesloten met een voorlopige afweging van vóór- en nadelen van CAI.*

*In het tweede gedeelte wordt het onderzoek besproken van de diverse instellingen in Nederland die zich met CAI bezighouden. Aan de orde komen achtereenvolgens:*

*Psychologisch Research Laboratorium, Vrije Universiteit Amsterdam*

*Pedagogisch Instituut, Rijksuniversiteit Leiden*

*Groep Onderwijsresearch, Technische Hogeschool Eindhoven*

*Instituut voor Onderzoek van het Wetenschappelijk Onderwijs, Katholieke Universiteit Nijmegen*

*Onderwijs Research Centrum, Katholieke Hogeschool Tilburg*

*Onderafdeling der Wiskunde, Technische Hogeschool Delft*

*Vakgroep Natuurkunde-Didaktiek, Rijksuniversiteit Utrecht*

*Centrum voor Didaktiek van het Onderwijs, Technische Hogeschool Enschede.*

*Het artikel wordt afgesloten met de konklusie dat een geformaliseerd coordinatiemechanisme een meer gerichte ontwikkeling van het onderzoek naar CAI in Nederland kan bevorderen.*

## 1. Inleiding

Verskillende ontwikkelingen in het onderwijs hebben de laatste jaren aanleiding gegeven tot het ontstaan van CAI. In de eerste plaats is dat de wens naar een grotere mate van individualisering van het onderwijs. In het konventionele onderwijssysteem is dit slechts beperkt mogelijk, aangezien een docent geacht wordt een groot aantal leerlingen tegelijkertijd te onderwijzen. Het is dan ook erg moeilijk om een individualisering aan te brengen in het tempo waarin het onderwijs wordt gegeven. De docent moet het tempo afstemmen op de gemiddelde leerling. De zwakkere leerling kan daarbij gehinderd worden omdat hij, zelfs met eventueel enige individuele bijstand, het tempo wellicht niet kan volgen. De betere leerling kan eveneens gehinderd worden omdat hij meestal veel eerder klaar is met de stof, d.w.z. de stof veel eerder beheerst dan 'de klas', terwijl het ter wille van de coördinatie meestal niet mogelijk is om met verdere eenheden door te gaan.

Behalve aan een beperkte mogelijkheid tot individualisering van het leer-tempo lijdt het onderwijs ook aan een tekort aan mogelijkheden tot individualisering van de inhoud van de leerstof. De inhoud is meestal niet aangepast aan specifieke belangstellingen, motivaties en vooral leergedrag van de individuele leerling. Ook de ontwikkeling van Geprogrammeerde Instructie heeft bijgedragen tot het opkomen van CAI (van Hees 1972a). Toen de speciale eigenschappen en ook beperkingen van GI goed doorgrond waren werd ingezien dat CAI aan een belangrijk deel van deze beperkingen tegemoet zou kunnen komen. En tenslotte heeft natuurlijk de ontwikke-

ling van de computers ('hardware'), de daarvoor benodigde computerprogramma's ('software') en de introductie daarvan in het (voornamelijk universitaire) onderwijs, velen de ogen geopend voor de enorme mogelijkheden die gepaard gaan met het inschakelen van de computer in het onderwijs.

Wat wordt nu onder CAI verstaan?

Bij exploratie van het veld valt op dat een veelheid van termen in gebruik is. Voorbeelden: Computer-Assisted Instruction, Computer Based Instruction, Computer-Augmented Learning, Computer-Managed Instruction, Learner-Controlled Instruction. Sinds enige tijd is er een streven naar standaardisatie binnen deze terminologische verwarring en we sluiten ons daar graag bij aan (van Hees 1972a). Het gebruik van de computer bij het onderwijs wordt dan onderverdeeld in een drietal begrippen, die punten vormen op een dimensie van aanpassing aan de leerling:

Computer-Managed Instruction (CMI)

Computer-Assisted Instruction (CAI)

Learner-Controlled Instruction (LCI)

## 2. Een kort overzicht

### 2.1 Computer-Managed Instruction

Bij CMI wordt de computer uitsluitend gebruikt als hulpmiddel bij de organisatie van het onderwijs. Het instructiemateriaal bestaat uit de conventionele middelen: boeken, diktaten, kolleges, werkgroepen, geprogrammeerde instructies etc.

Er wordt een instructie-programma opgesteld dat is opgesplitst in een aantal gedeelten. Elk gedeelte wordt afgesloten met een toets. De computer wordt nu aangewend om de leer-geschiedenis van de leerling gedurende het doorlopen van het programma te onthouden en op grond van toetsresultaten beslissingen te nemen, zoals het nogmaals doorlopen van een bepaald gedeelte, of het doorgaan met het volgende, of het doorlopen van een additioneel 'remedial' gedeelte. Ook het maken van de toetsen kan met behulp van de computer gebeuren, waardoor tijdrovend menselijk scoringswerk wordt voorko-

men. Door de computer wordt precies bijgehouden hoe ver iedere leerling is, hoeveel fouten gemaakt worden, waar in de cursus de knelpunten zitten, welk gedeelte fouten bevat enz., zodat de docent op elk gewenst moment inzicht kan krijgen in de stand van zaken en de didactische kwaliteit van de cursus kan evalueren.

Kortom, bij Computer-Managed Instruction wordt de computer gebruikt als hulpmiddel voor administratie en organisatie van de instructie.

### 2.2 Computer-Assisted Instruction

Bij CAI is de computer direct bij het onderwijsproces betrokken. Het leermateriaal bevindt zich in het geheugen van de computer en het leren vindt plaats door middel van interactie van de leerling met de computer, welke hier een scherp gedefinieerd gedeelte van de taak van de docent overneemt. Er zijn verschillende manieren waarop de computer kan worden gebruikt (van Hees 1972a, Seltzer 1971).

In de eerste plaats voor 'drill and practice', het oefenen van concrete vaardigheden. Een zeer voor de hand liggend voorbeeld is het maken van sommen. De computer presenteert een opgave, de leerling berekent het antwoord en voert het in. De leerling krijgt direct te horen of het goed of fout was. Ook hier is de computer geprogrammeerd om op grond van het resultaat een beslissing te nemen, maar bij CAI gebeurt dat in het verloop van de instructie zelf. Op deze manier is de computer bij vele vaardigheden waarvan de verwerving een hoeveelheid oefening vereist, zeer goed te gebruiken.

De tweede manier waarop de computer toepasbaar is, is bij 'tutorial instruction'. Bij deze vorm van onderwijs gaat het om het aanleren van vaardigheden in het hanteren van begrippen. Het gaat hier dus niet zozeer om kennis als wel om het kunnen werken met kennis: inzicht. Hieronder valt bijvoorbeeld zowel het aanleren van algemene regels vanuit gepresenteerde specifieke gevallen, als het kunnen toepassen van geleerde algemene regels op specifieke gevallen.

Ten derde kan de computer behulpzaam zijn bij het aanleren van een hogere vorm van gedrag,

nl. 'problem solving' gedrag. Hierbij wordt getracht de leerling bij te brengen hoe problemen (in het algemeen) opgelost kunnen worden en niet zozeer hoe een bepaald specifiek probleem wordt opgelost. Binnen dit kader zijn juist ten behoeve van de computer een tweetal fraaie systemen ontwikkeld, nl. de simulatie en het spel (van Hees 1972a). Bij een *simulatie* wordt de computer geprogrammeerd om zo te fungeren als het te simuleren systeem, apparaat, institutie etc. fungeert. De leerling kan dan op eenvoudige wijze de werking van het systeem etc. onderzoeken door de invoer te variëren en de reactie daarop, de verandering in de uitvoer van het systeem, te observeren. Wil de simulatie een grote mate van overeenstemming hebben met de werkelijkheid, dan moet ten behoeve van de programmering natuurlijk wel bekend zijn hoe de werking van het gesimuleerde proces in werkelijkheid is. Is dat minder zeker, en spelen daarbij toevalsprocessen een invloedrijke rol, dan wordt gesproken van een *spel*.

Een voorbeeld van simulatie kan zijn het simuleren van scheikundig analytisch onderzoek (Leerkamp 1971). In een konventionele opleiding daartoe is een uitgebreid laboratorium nodig dat veel geld kost en waar de nog ongetrainde analist-in-spé materialen kan verspillen, apparatuur kan beschadigen en de veiligheid in gevaar kan brengen, waarom hij dan ook nauwlettend door een instrukteur moet worden begeleid. Het kan ook zo: de leerling krijgt een dia aangeboden waarop een reageerbuis is afgebeeld, gevuld met een oplossing van een bepaalde kleur, waarvan hij de chemische samenstelling moet onderzoeken. Hij geeft aan de computer opdracht er een bepaalde test op uit te voeren, bijv. het toevoegen van x ml verdund zoutzuur. De computer 'doet dat' en toont onmiddellijk het resultaat. De oplossing in de reageerbuis op de nu getoonde dia kan een andere kleur hebben, een ander volume of een hogere temperatuur. Het is evenwel ook mogelijk een dia te vertonen die de gevolgen laat zien van de ontploffing die een foutieve handeling van de leerling in werkelijkheid teweeg zou hebben gebracht! Het is op deze manier mogelijk de leerling inzicht en ervaring in het analyseren van

scheikunde monsters bij te brengen (afgezien natuurlijk van de handvaardigheid).

Spelen zijn in beperkte mate ontwikkeld in het kader van onderwijs in de economie, de politiekologie en andere sociale wetenschappen. Een voorbeeld hiervan is het Soemerische spel van Wing (1966). Grubb (1968) geeft hiervan de volgende samenvatting:

'In dit computermodel van een oude beschaving neemt de leerling de rol aan van priesterkoning. Wisselende factoren in de omgeving worden door de computer uitgetypt op het eindstation ('terminal') van de leerling, welke op zijn beurt zijn beslissingen moet intypen. Het kan zijn dat de leerling al vroeg in het spel de beslissing moet nemen hoeveel graan moet worden gereserveerd om te zaaien. De computer berekent dan een nieuwe voedselvoorraad-staat als gevolg van de beslissing van de leerling en presenteert deze. Terwijl de bevolking groeit leert de leerling gaandeweg handel te drijven met buurlanden en een voedseloverschot op te bouwen, aangezien bepaalde natuurrampen als overstromingen, stormen en branden op willekeurige ogenblikken gebeuren.'

### 2.3 Learner-Controlled Instruction

Bij de hierboven beschreven systemen is het de computer die de situatie beheerst; de computer ageert, de leerling reageert. Er zijn diverse overwegingen, vooral van motivationele aard die het aantrekkelijk maken de relatie om te keren. Met de term 'Learner Controlled Instruction' wordt de situatie aangeduid waarin de leerling de initiatieven neemt en de computer daarop reageert. Men zal zich kunnen voorstellen dat dit enorme technologische problemen met zich meebrengt. Het is niet mogelijk de computer zo te programmeren dat hij op alle mogelijke initiatieven anticipeert. In de praktijk wordt dus aan de leerling een welomschreven verzameling mogelijke initiatieven ter beschikking gesteld. LCI is dermate gekompliceerd dat er tot dusver slechts een aantal voorbeelden van zijn ontwikkeld (Bernaert 1972, van den Heuvel en van der Valk 1972). In één van de eerste hiervan (Grubb, 1969) wordt aan



de leerling een statistiekkursus voorgelegd in de vorm van een netwerk van onderdelen en hun relaties, een 'kaart' van de cursus. Door één van deze onderdelen met een lichtpen op het televisiescherm van zijn terminal aan te wijzen krijgt de leerling een nieuwe kaart voor zich, nl. de kaart van dat onderdeel. Na een zeker aantal verdiepingsstappen verschijnen dan de instructie-elementen. De leerling kan volledig zijn eigen weg kiezen door de verschillende kaarten op de verschillende niveaus.

Een snelle ontwikkeling van LCI zit er voorlopig nog niet in, aangezien het minstens vijf maal zoveel ontwikkelingstijd kost als een eenvoudig 'drill-and-practice' CAI programma van dezelfde inhoud (Grubb, 1969) en de ontwikkelingstijd daarvan is al enige malen groter dan die van een konventioneel onderwijsprogramma.

#### 2.4 Enige toepassingsaspecten van CAI

We zullen nu kort ingaan op een tweetal aspecten van CAI, namelijk de benodigde technische uitrusting en de programmeertalen. Er zullen enige voorbeelden worden gegeven.

##### 2.4.1 Hardware

In de eerste plaats is voor CAI natuurlijk een computer nodig. Wat evenwel, in tegenstelling tot wat veelal gedacht wordt, niet nodig is, is een computer op de plaats waar het onderwijs gegeven wordt. Steeds meer worden er systemen in gebruik genomen die bestaan uit één of meer grote computers met daaraan door middel van telefoonlijnen eindstations die kunnen variëren van kleine computers tot simpele Teletype's, schrijfmachines met toegang tot de computer. Dit zijn z.g. 'time-sharing systems', waaraan vele verschillende gebruikers tegelijkertijd kunnen werken waarbij zij, door de grote snelheid, allen het idee hebben dat ze alleen over de computer beschikken. Een CAI programma vereist in het algemeen een tamelijk groot achtergrondgeheugen terwijl de effectieve rekentijd zeer gering is. Er zijn tegenwoordig in CAI twee trends te on-

derscheiden (van den Heuvel en van der Valk 1972). De eerste gaat in de richting van grote ge-centraliseerde systemen waarin een zeer groot aantal terminals (in het Amerikaanse PLATO-project bijvoorbeeld 4000) aan een groot centraal computersysteem zijn gekoppeld. De andere trend gaat in een gedecentraliseerde richting. Daarbij wordt gedacht aan z.g. 'on-line' computers, relatief kleine machines die meestal gebruikt worden voor procesbesturing, d.w.z. interaktief gebruik. Hieraan zijn dan veel minder terminals gekoppeld. Ook aan deze computers kan door meerdere gebruikers tegelijk gewerkt worden.

Steeds meer universitaire instituten beschikken over zo'n on-line computer, welke ook voor onderwijs gebruikt zou kunnen worden. Er zullen echter in het algemeen wel voorzieningen getroffen moeten worden aangezien het bij dergelijke computers aanwezige achtergrondgeheugen meestal klein is.

Er zijn verschillende invoer-uitvoer apparaten door middel waarvan met de computer gekommuniceerd wordt. De eenvoudigste en meest-verbrede is de al genoemde Teletypewriter. Dit is een elektrische schrijfmachine waarop de computer de instructieelementen uittipt en de leerling zijn antwoord intypt d.m.v. het toetsenbord. Voordelen hiervan zijn de betrekkelijk lage prijs (enige duizenden guldens), het feit dat er een zg. 'hard copy', een uitgetypt verslag, ontstaat van dat waarin de leerling/computer interactie heeft geresulteerd, en het feit dat de communicatie met de computer kan geschieden d.m.v. normale telefoonlijnen. Nadelen zijn de lage snelheid, waarmee de instructie door de computer wordt uitgetypt, de herrie die daarmee i.h.a. gepaard gaat en de geringe omvang van de karakterverzameling, beperkt tot letters, cijfers en leestekens. Plaatjes, grafieken e.d. kunnen niet of slechts zeer gebrekkig gemaakt worden.

Een apparaat, dat veel van deze nadelen opheft is de zg. 'visual display terminal' die bestaat uit een televisiescherm met meestal een toetsenbord. De tekst, tekeningen etc. worden door de computer snel op de buis gezet; de leerling kan antwoorden door een reactie te geven via het toetsenbord, of door met een lichtpen een be-

paalde plaats op het scherm aan te wijzen, of b.v. een ontbrekende lijn in te vullen. Voordelen zijn de grote snelheid, de grote flexibiliteit wat betreft de vorm van het gepresenteerde materiaal en het feit dat het mogelijk is beelden in elkaar te laten overgaan, gedeelten te laten draaien of verschuiven t.o.v. gedeelten die stil blijven staan, kortom dat beweging mogelijk is. Nadelen zijn dat er geen 'hard copy' ontstaat en dat het televisiebeeld continu opnieuw moet worden opgebouwd waardoor een verbinding met meestal niet aanwezige dure videokabels naar de computer noodzakelijk is. Recentelijk is echter door Donald Bitzer van de University of Illinois een Plasma Display Panel ontwikkeld, waarvan het scherm bestaat uit een groot aantal kleine neonbuisjes, die in één keer aan- of uitgeschakeld worden (Leiblum, 1971). Het beeld hoeft dus niet meer continu ververs te worden en men kan met gewone telefoonlijnen volstaan. Een nadeel is nog dat het scherm uit een nog te klein aantal buisjes bestaat waardoor de gedetailleerdheid nog gering is, maar dat wordt ongetwijfeld verbeterd. Deze apparaten zijn bovendien bij een voldoende grote produktie redelijk goedkoop (twee á drie duizend dollar).

Verder kan nog als invoerapparaat genoemd worden de druktablet, een plaat met drukgevoelige cellen, en als uitvoerapparaten diverse audiovisuele hulpmiddelen, die zich buiten de computer bevinden maar daar wel door gestuurd worden: dia-projectoren, microfilm, beeldplaat en beeld- en geluidsband.

Een probleem bij het toepassen van deze media is dat bij CAI de aktie van de computer afhankelijk is van de respons van de leerling en dat de dia's etc. niet in vaste volgorde kunnen worden gepresenteerd. De apparaten moeten dus een 'random access' mogelijkheid hebben, d.w.z. dat elk plaatje binnen korte tijd opgezocht en geprojecteerd moet kunnen worden. Hetzelfde geldt voor de stukken video- en geluidsband.

#### 2.4.2 Software

Om een computer te laten werken moet een programma worden ingevoerd, bestaande uit op-

drachten die de computer moet uitvoeren. Voor het normale werk dat op de computer gebeurt, rekenwerk en administratieve verwerking van gegevens, is een aantal talen ontwikkeld, waarin de programma's geschreven zijn, zoals ALGOL, COBOL, FORTRAN, etc. Deze talen zijn echter specifiek voor dergelijke taken gemaakt en het schrijven van programma's is een zeer precies en tamelijk ingewikkeld werkje, hetgeen voor de gemiddelde docent die een CAI programma wil maken niet is weggelegd. Toen CAI in ontwikkeling kwam zijn er dan ook hogere orde talen ontwikkeld speciaal voor de diverse vormen van CAI. Deze talen zijn meestal weer geschreven in de hierboven genoemde programmeertalen. De hiervoor ontwikkelde CAI talen kunnen snel aangeleerd en tamelijk eenvoudig gebruikt worden aangezien ze het CAI model op het lijf gesneden zijn. Voorbeelden zijn COURSEWRITER, COPI, MENTOR, PLANIT en vele andere. Juist dat 'vele' is een betreurenswaardige ontwikkeling, aangezien er een dergelijke veelheid van talen is ontwikkeld in nog geen tien jaar, dat door de bomen het bos niet meer te zien is.

Daar komt dan nog bij dat veel van deze talen machine-afhankelijk zijn, d.w.z. dat ze slechts op één bepaald type computer bruikbaar zijn. COURSEWRITER b.v. dat tot dusver het meest gebruikt werd, is een IBM-taal, die alleen op IBM-machines is te gebruiken.

Min of meer als reactie hierop is er sinds enkele jaren een trend naar talen, die machine-onafhankelijk zijn. PLANIT is hiervan een voorbeeld. Deze taal is zo ontwikkeld dat slechts 5% van het pakket aan een bepaalde computer moet worden aangepast.

#### 2.5 Voor- en nadelen van CAI

Ter afsluiting van het algemene gedeelte van dit artikel zal getracht worden een voorlopige balans op te maken van de specifieke voor- en nadelen die CAI met zich meebrengt.

##### 2.5.1 Voordelen

Het belangrijkste voordeel van CAI is dat het

een vergaande individualisering van het onderwijs mogelijk maakt. Dit is een individualisering in vele richtingen, in tempo daar de leerling zelf het tempo bepaalt; in inhoud die kan worden aangepast aan de specifieke bekwaamheden en interesses van de leerling en in instructiestrategie die afhankelijk kan zijn van de persoonlijkheidsstructuur, leereigenschappen en nivo van de leerling. Deze aanpassing leidt bovendien tot een hogere leermotivatie. Adekwaat ontwikkelde programma's zijn bij uitstek geschikt om de leerling te leren initiatieven te nemen, beslissingen te nemen en exploraties uit te voeren (De Klerk, 1972). De computer kan veel nadelen wegnemen, die soms aan het onderwijs in de klassensituatie kleven. Zowel goede als slechte leerlingen worden niet meer gekweld door honende reacties van klasgenoten en soms de docent, 'vraagangst' speelt geen rol meer. De computer is eindeloos geduldig voor leerlingen die moeite met de stof hebben, hij zal nooit kribbig worden. Wat betreft de docent-kant van de zaak heeft CAI als voordeel dat veel routinematige herhaling van de docent wordt afgenomen waardoor deze meer tijd krijgt voor hogere, creatieve activiteiten en voor meer individuele begeleiding, de computer neemt bovendien de administratie van het leergedrag over en breidt deze aanzienlijk uit. Doordat toetsen in de instructieprogramma's verweven zitten worden (als bedreigend ervaren) proefwerken en prestatietoetsen overbodig. CAI brengt een natuurlijke integratie van allerlei audiovisuele hulpmiddelen met zich mee die daardoor optimaal gebruikt kunnen worden.

Als laatste en zeer belangrijk voordeel kan genoemd worden, zoals dat ook geldt voor geprogrammeerde instructie, dat de programma-ontwerper gedwongen wordt tot het systematisch ontwikkelen van doelstellingen op een dusdanig concreet vlak, dat getoetst kan worden in hoeverre het programma aan deze doelstellingen beantwoordt.

### 2.5.2 Nadelen

CAI is uiteraard geen onderwijshemel op aarde, zoals uit het onderstaande moge blijken. In de

eerste plaats kost het veel geld. In de ontwikkelingsfase, waarin het nu nog verkeert, kost het zelfs zeer veel geld. In zijn huidige vorm lijkt CAI dan nog ongeschikt om in het primaire en secundaire onderwijs op ruimere wijze ingeschakeld te worden. Daar evenwel waar een computer beschikbaar is, met name op de universiteiten, kan het onderzoek naar CAI tegen redelijke kosten geschieden en zoals zal blijken gebeurt dat ook. Er zijn evenwel aanwijzingen (die uiteraard uit Amerika komen), dat het CAI onderwijs bij een groot opgezet systeem goedkoper kan zijn dan het conventionele. In het in 1970 voorgestelde en in 1972 gestarte PLATO IV project aan de University of Illinois komt men, uitgaande van 4000 terminals, uit op \$ 0.35 per leerling-terminal-uur, hetgeen vergelijkbaar is met de laagste kosten in het lager onderwijs (Alpert & Bitzer, 1970). Een dergelijk systeem, dat een investering van enige tientallen miljoenen gulden vereist, is evenwel in Nederland nog niet in zicht. Een met de kosten samenhangend nadeel is dat een CAI-programma een grote hoeveelheid ontwikkelingstijd vergt. De schattingen lopen uiteen van 50 tot 250 uur ontwikkelingstijd per uur instructie, afhankelijk van de mate van vertakking binnen het programma (Leiblum, 1971). Dit is uiteraard alleen rendabel als van zo'n programma door veel leerlingen gebruik wordt gemaakt. Vanwege deze lange voorbereidingstijd bestaat het risico dat men zich voornamelijk zal beperken tot sneller te ontwikkelen eenvoudige lineaire drill-and-practice programma's, waarin het CAI-systeem niet volledig tot zijn recht komt en gedegradeerd wordt tot een dure manier om de pagina's van een geprogrammeerde instructie om te slaan. Een dergelijk oneigenlijk gebruik kan men evenwel moeilijk een inherent nadeel van CAI noemen.

Nadelen op een wat ander vlak tenslotte, zijn dat het werken op de terminal intensief en daardoor vermoeiend is, zodat het voor jongere leerlingen in ieder geval tot  $\pm 1$  uur per dag beperkt moet blijven, en dat er aanwijzingen zijn dat de ontwikkeling van sociale vaardigheden van de leerling met CAI *niet* gebaat is. Hierover zegt Seltzer (1971) "... één globaal nadeel moet opge-



merkt worden: het gebruik van de computer schijnt te resulteren in een verlaagd niveau van ontwikkeling van positieve sociale vaardigheden, volgens Suppes (1968) en Sears en Feldman (1968). Zij zeggen: 'tussen het begin en het einde van het schooljaar, namen de scores voor sociaal gedrag (Behavior Survey Instrument) van CAI leerlingen significant af, terwijl de scores voor de non-CAI leerlingen significant toenamen (samenvatting)'.

Schrijver dezes heeft de indruk dat dit toch belangrijke aspekt door degenen die zich met de ontwikkeling van CAI bezighouden, ietwat wordt verwaarloosd. Een goede manier om dit bezwaar te ondervangen zou wellicht kunnen zijn dat men kleine groepjes leerlingen (2 à 4) aan een terminal laat werken, voor zover het programma zich daartoe leent. Dit doet aan de ene kant afbreuk aan de individualisering maar draagt aan de andere kant bij tot het ontwikkelen van coöperatief groepsgegedrag en andere sociale vaardigheden. Deze kunnen bovendien natuurlijk in andere onderwijsvormen gerealiseerd worden.

### 3. Onderzoek in Nederland

#### 3.1. Amsterdam - Vrije Universiteit<sup>1</sup>

De eerste stappen op de weg naar CAI in Nederland werden gezet door dr. A. Dirkzwager van het Psychologisch Research Laboratorium van de Vrije Universiteit, door middel van een studiereis naar Amerika in 1966-67. Een veelheid van artikelen en voordrachten (Dirkzwager 1968a, 1968b, 1968c, 1970a, 1970b) bewijst dat hij zich op het projekt dat in 1969 startte, duchtig voorbereidde.

In dit CAI projekt, dat door de Stichting voor Onderzoek van het Onderwijs (SVO) wordt gesubsidieerd, wordt samengewerkt met het team van prof. L. de Klerk van het Pedagogisch Instituut van de Rijksuniversiteit van Leiden dat hierna aan de orde komt. Als doelstelling van dit deelprojekt B: Programmering van 'responsive environments' werd gegeven: '... na te gaan, in hoeverre de explorerende en konstruktieve zelfwerkzaamheid van de leerling gestimuleerd en

geleid kan worden door hem aan een computer te laten werken' (Computer Assisted Instruction, 1971). Het gaat hier primair om onderzoek naar de betekenis van die nieuwe kommunikatievormen voor het onderwijs waarbij getracht werd de leerling niet in een star responsenschema te dwingen, maar een omgeving te scheppen waarin de leerling met een zekere mate van vrijheid zelf kan exploreren en experimenteren.

De eerste fase werd gebruikt om vertrouwd te raken met de apparatuur en de programmering. Het Psychologisch Research Laboratorium kreeg een kleine on-line computer tot zijn beschikking, een PDP-8/1 van Digital Equipment Corporation, met een klein werkgeheugen en een wat groter schijfengeheugen. Met deze computer kon gecommuniceerd worden door middel van een teletypewriter en een beeldscherm, terwijl hieraan een z.g. 'joy-stick' werd gekoppeld, een soort 'pienter pookje' waarmee een stip over het scherm kan worden bewogen teneinde een bepaalde plaats aan te wijzen. Voor deze konfiguratie werd het Fortransysteem aangepast, zodat er onderwijsprogramma's mee konden worden uitgevoerd. In mei 1972 werd de geheugenschijf vervangen door één met een 25 maal zo grote geheugenkapaciteit, waardoor alle programma's nu op de schijf kunnen blijven staan. Bovendien werd een 'rapid access' computer bestuurd mikrofilmprojektie monitor aan het systeem toegevoegd.

#### 3.1.1

Een van de eerste projekten die met deze opstelling werden verricht was een onderzoek naar een vijftal mathematische leermodellen ten behoeve van optimale beslissingsstrategieën, uitgevoerd door drs. G. C. van der Veer. In dit onderzoek (van der Veer, 1973), werd aan de hand van het leren van 'paired associates' (paren informatie-eenheden, in dit geval brailleletters gekombineerd met gewone letters, seinvlaggen met letters en topografische symbolen met getallen, die moeten worden geleerd, zodanig dat, als de ene eenheid als stimulus wordt aangeboden, de leerling de daarbij behorende andere eenheid reprodu-

ceert) onderzocht in hoeverre deze modellen (het 'alles-of-niets-model', twee lineaire modellen en twee urn-modellen) het werkelijke leergedrag adequaat beschrijven en in hoeverre uit deze modellen beslissingen konden worden afgeleid voor de volgorde waarin gedeelten van het leer-materiaal moeten worden aangeboden. Samengevat was het resultaat van dit onderzoek dat het mogelijk was deze modellen in een onderwijsstrategie te vertalen, dat op grond van de modellen beslissingen konden worden genomen ten aanzien van de leerstof-sequentiering en dat er geen verschil in prestatie van de leerlingen was, tussen de vijf modellen. Wel bleken er verschillen te zijn in de mate van nauwkeurigheid waarmee de verschillende modellen het leerproces beschrijven. Uit observaties en interviews achteraf bleek dat de modellen nog te eenvoudig zijn, dat bepaalde zeer relevante variabelen zoals het vergeten, of het gebruik van ezelsbruggetjes waaruit blijkt, dat het als betekenisarm bedoelde materiaal niet als zodanig door de leerling wordt ervaren, in de modellen moet worden verwerkt.

Aan de mathematische verfijning van deze modellen wordt op het moment door de heer van der Veer gewerkt.

### 3.1.2

Het tweede project was het onderzoek van het onderwijsprogramma 'functies'. Hiervoor werd een onderwijsprogramma ontwikkeld, bestaande uit een leertaak, die de leerling een ruime mogelijkheid gaf explorerend en op eigen initiatief te werk te gaan. Deze leertaak ('functies ontdekken') was dat de leerling aan de hand van paren getalwaarden voor  $x$  en  $y$  de algoritme (rekenvoorschrift) moest ontdekken waaraan de getallenparen voldoen. De rationele oplossing van dit probleem is, dat de leerling zich een hypothese stelt (bv.  $y = ax + b$ ) waarna hij door het opgeven van  $x$ -waarden waar de computer dan de  $y$ -waarde bij geeft, de waarden van de parameters  $a$  en  $b$  kan bepalen. Twee opgegeven  $x$ -waarden zijn daartoe in het geval van een lineaire functie voldoende. Toen dit programma echter, voorafgegaan door een korte op het scherm ge-

projekteerde inleiding over wat een functie is en hoe de  $y$ -waarde afhankelijk van het functievoorschrift varieert met de  $x$ -waarde, aan een aantal willekeurige studenten werd voorgelegd bleek, dat zij de geboden vrijheid om de  $x$ -waarde willekeurig te variëren meestal niet zinnig konden hanteren. Zij bleken de  $x$ -waarden willekeurig te kiezen in de hoop, dat ze het verband tussen  $x$  en  $y$  vanzelf zouden 'zien', zonder veel systematiek en met veel meer stappen dan noodzakelijk is. Kennelijk hadden deze proefpersonen nog niet voldoende kennis om de  $x$ -waarden rationeel te kiezen, en deze kennis werd in dit onderwijsprogramma ook niet verworven. Ook bleek de taak niet intrinsiek motiverend te zijn, men had het meestal gauw 'gezien', hetgeen wellicht veroorzaakt werd door het feit, dat de student geen argumenten tot zijn beschikking had bepaalde  $x$ -waarden wél en andere niet te kiezen. Deze observaties werkten een doelstellingsanalyse in de hand voor een onderwijsprogramma 'functies', die begin 1972 werd uitgevoerd. Hieruit werd afgeleid, dat de leerling zich de volgende vier begrippen moet eigenmaken: de begrippen 'functie', 'meting', 'afbeelden van relaties' en 'funktioneel verband tussen kenmerken', dat de leerling een functie in grafiek moet kunnen brengen (d.w.z. getallenparen als punten in een vlak kunnen afbeelden, een geschikt assenkruis kunnen definiëren en opgeven en de waarden van  $x$  waarvoor de grafiek getekend moet worden), dat de leerling lineaire en kwadratische functies moet kunnen herkennen en de eigenschappen ervan moet kennen en uit het functievoorschrift afleiden (monotonie, extreme waarden, etc.) en dat hij de functievoorschriften met bepaalde eigenschappen moet kunnen konstrueren. Voor het bereiken van de eerste vier doelstellingen, de begrippen, kan instructie buiten de computer om, gebruikt worden; voor het realiseren van de overige is de computer het geëigende medium. Daartoe is het evenwel noodzakelijk dat de leerling de computer op eenvoudige wijze kan instrueren om bepaalde handelingen als het tekenen van een grafiek op het scherm uit te voeren. Op grond hiervan werd besloten een eenvoudige leerling-programmeertaal te ontwikkelen waar-



mee de leerling de computer binnen bepaalde grenzen kan besturen. Daarop zal hieronder worden ingegaan.

Van het onderwijsprogramma 'functies' ter bereiking van de hierboven weergegeven doelstellingen werd een computer-bestuurd gedeelte in de tweede helft van 1972 ontwikkeld. In 1973 zal in een exploratief onderzoek bij een veertigtal proefpersonen gezocht worden naar relaties tussen allerlei ingangvariabelen, persoonlijkheidsvariabelen, leerhistorie, programmavariabelen, en leerscores en zal het onderwijsprogramma op zijn kwaliteit worden onderzocht. Op grond van de resultaten hiervan zullen wijzigingen worden aangebracht in het programma en zullen hypothesen worden gesteld ten aanzien van een aantal in 1973 te vinden verbanden. Hiervoor zijn nu reeds een aantal mogelijke scenario's opgesteld die de handelingen en hypothesen beschrijven afhankelijk van mogelijke resultaten van het exploratief onderzoek. Het is uiteindelijk de bedoeling eind 1974 klaar te zijn, dat wil zeggen: een goed werkend onderwijsprogramma te hebben en kennis over de te verwachten resultaten, afhankelijk van de gebruikte onderwijsstrategie en de leerlingvariabelen.

### 3.1.3

De leerlingprogrammeertaal die als uitvloeisel van bovenvermeld project noodzakelijk werd, ontwikkelde zich geleidelijk aan tot een apart project. Een van de grote voordelen van de computer is namelijk zijn rekencapaciteit in termen van snelheid en betrouwbaarheid, die men aan de leerling ter beschikking zou kunnen stellen. In veel onderwijssituaties is dat bijzonder zinvol. Een systeem waardoor de leerling de computer kan laten rekenen is daarom voor veel meer projecten dan alleen het project 'functies' van belang. Gedurende het jaar 1972 is zo'n leerlingprogrammeertaal ontwikkeld. Deze is opgebouwd rond een klein aantal 'statements', die voor de leerling inzichtelijk zijn, zoals TYPE, MAAK, DOE, GA NAAR, VERGEET ALLES, etc. Met behulp van een aantal regels en deze statements kan de leerling zelf een rekenprogram-

ma maken. Als voorbeeld kan dienen het volgende programma dat de absolute waarde van de variabele  $x$  berekent:

```
PROGRAMMA M
GA NAAR A ALS NEGATIEF (- X)
MAAK X = - X
LABEL A
TYPE 'DE ABSOLUTE WAARDE IS', X
EIND.
```

Het programma wordt in het geheugen opgeborgen en kan worden aangeroepen en in werking gesteld door DOE M, aangenomen dat  $X$  daarvoor een waarde heeft. Is  $(- X)$  positief dan wordt de opdracht MAAK  $X = - X$  uitgevoerd is  $(- X)$  negatief dan wordt naar LABEL A gesprongen en de opdracht MAAK  $X = - X$  dus overgeslagen. De output van het programma, als  $X = - 25$ , is:

```
DE ABSOLUTE WAARDE IS 25
```

Met behulp van deze statements kan de leerling dus eenvoudige rekenopdrachten geven en grafieken laten tekenen op het beeldscherm door middel van opdrachten als ASSENSTELSEL en PUNT. Tevens is een onderwijsprogrammaatje geschreven waarmee de leerling deze taal snel kan aanleren. De taal zal daar waar dat zinvol is, en dat is in ieder geval in het programma 'functies' en waarschijnlijk in het hieronder te beschrijven programma 'mechanica' worden ingepast.

### 3.1.4

Drs. G. F. Bernaert, sinds maart 1972 werkzaam bij het CAI-team, heeft een programma van start doen gaan, waarbij hij aan de hand van een geprogrammeerde leertaak in mechanica voor de onderbouw van de middelbare school, een onderzoek uit zal voeren naar de invloed van een aantal variabelen (leerlingbeheersing vs. machinebeheersing, faalangst en specifiek technisch-ruimtelijk vermogen) op de verschillende eindtests (zoals posttest, retentietest, transfertest), die de leerling maakt na het doorlopen van het programma (Bernaert 1972). Tevens vindt een attitudemeting plaats. Na een leerstofanalyse resul-

terend in een drietal hiërarchisch geordende eenheden werd begonnen met de programmering van de laagste eenheid.

Eind 1973 zal een try-out van het programma plaatsvinden. De variatie in de programma variabele is ontleend aan een taakvariabelenclassificatiemodel van Merrill en Boutwell (1972), die leer-theoretisch geïnspireerd zijn door het werk van Gagné, Glaser en Scandura. De twee variabelen van de kwalitatieve classificatiecategorie 'presentatievorm' in dit model zijn 'presentatiemanier' met de waarden 'uiteenzettende vorm' en 'ondervragende vorm', en 'inhoud van presentatie', met de waarden 'algemene regel' en 'geval waarop de regel van toepassing is (instantie)'.

Studie van relevant onderzoek, waarin de aanbiederstrategie programmagesturd was, leidde Merrill en Boutwell tot de conclusie dat de optimale aanbiederstrategie zou zijn: eerst een algemene regel aanbieden en dan of wel het aanbieden van een geval met de informatie of de regel wel of niet van toepassing is, of wel het aanbieden van een geval met de opdracht na te gaan of de regel van toepassing is. Drs. Bernaert vraagt zich nu af wat voor strategie leerlingen, als ze de vrijheid hebben, zelf zouden kiezen en welke gevolgen dit zou hebben voor het leren. Daarom wordt de 'tutorial' versie van het mechanica programma zo geschreven dat het programma deze strategie bepaalt, en de 'learner controlled' versie zo dat de leerling de strategie zelf kan bepalen. Het mogelijk optreden van interessante interacties heeft de keuze van de persoonlijkheidsvariabelen bepaald. Het onderzoek zal in 1974 zijn volle ontplooiing vinden en zal dan licht werpen op de vraag in hoeverre het zinnig is de onderwijsstrategie aan te passen aan bepaalde persoonlijkheidseigenschappen van de leerling.

### 3.1.5

Het vijfde project wordt uitgevoerd door drs. L. de Leeuw en is gebaseerd op de vraagstelling of de probleemoplossingsmethoden leerbaar zijn en zo ja, wat dan de optimale mate van specificiteit

van de aan te leren methode is. Op de dimensie van specificiteit worden twee extreme categorieën onderscheiden, nl. de algoritmische methode waarin de oplossingsmethode in een geordende reeks voorschriften wordt beschreven, die de leerling stap voor stap en met gegarandeerd resultaat tot de oplossing leiden, en de heuristische methode, waarin wel hints en aanwijzingen worden gegeven maar waar meer aan de inventiviteit en zelfwerkzaamheid van de leerling wordt overgelaten. Deze onderzoekopzet is geënt op de in Rusland ontwikkelde onderwijskundige inzichten en praktijken m.b.t. het 'leren denken' (Landa 1968, van Parreren en Carpay 1972). Daarnaast is als variabele ingevoerd de breedte van de klasse van problemen. De rationale hiervan is dat er mogelijk een interactie kan optreden tussen de specificiteitsfactor en de klassebreedtefactor. Het onderzoek wordt uitgevoerd aan de hand van twee probleemgebieden, nl. deductief redeneren (het beoordelen van de geldigheid van syllogismen, argumenten van de soort: alle mensen zijn sterfelijk; Socrates is een mens; daaruit volgt: Socratis is sterfelijk), en inductief redeneren (het extrapoleren van getalrijen waarin een bepaald soort regelmaat aanwezig is). Het effect van de verschillende op grond van deze variabelen te ontwikkelen programma's wordt gemeten met een posttest en transfertest, onmiddellijk na het doorlopen van het programma en enkele maanden later (de Leeuw 1972). De programma's voor het deductief redeneren zijn gereed en staan, opgedeeld in frames, op microfilm, waarvan de plaatjes, gesturd door de computer, op een monitor worden geprojecteerd. Dit is een zg. off-line geprogrammeerd programma, waarvoor in principe geen computer nodig is. De film kan ook geprogrammeerd worden door middel van gaatjes in de rand van de film. Er wordt momenteel gewerkt aan on-line programmering die wel computer-gestuurd is en aan de leerling veel meer eigen initiatief en handelingsvrijheid toestaat. De leerlingen kunnen onder meer zelf zg. Venn-diagrammen tekenen met de joy-stick.

Door de gerichte en specifieke feedback die met het beschikbare CAI-systeem mogelijk is ontstaat een 'responsive environment' waarin

de leerling aanleert geen voorbarige konklusies te trekken. Het blijkt daarbij uit oogpunt van programmeer-efficiëntie noodzakelijk om te komen tot één standaard-beslissingsstructuur voor de feedback. De feedback bestaat hierbij uit 'skelet' teksten die op grond van de in het syllogisme voorkomende termen worden ingevuld.

Het off-line programmeren van de inductief redeneren-stof bleek belangrijke beperkingen met zich mee te brengen die in een CAI-benadering wegvallen. Daarin zijn complexere beslissingsstrategieën voor feed-back en grotere flexibiliteit mogelijk. Er wordt nu dus alleen een CAI-versie gemaakt. De heuristische versie is gereed; de opzet is tevoren op lagere scholen uitgeprobeerd; aan de algoritmische versie van het extrapoleren van getalrijen wordt gewerkt.

Het is de bedoeling dat in de loop van 1973 alle programma's af komen, waarna het eigenlijke onderzoek in 1974 kan worden uitgevoerd.

### 3.2 Leiden – Rijksuniversiteit<sup>2</sup>

Gelijktijdig met het projekt van de V.U. en in het kader van hetzelfde projekt 'Computer Assisted Instruction (SVO - 0113), startte een team van het Pedagogisch Instituut van de R.U. te Leiden onder aanvoering van prof. L. de Klerk met het deelprojekt A: het Coursewriterprojekt. De oorspronkelijke doelstelling van dit projekt was: 'het onderzoek van de mogelijkheid om van de door de computer verzamelde gegevens over de leerhistorie van de leerling een optimaal gebruik te maken voor het nemen van beslissingen over de voortgang van het onderwijs'. De eerste tijd (1968-1970) werd in beslag genomen door het ontwikkelen van het systeem. Daartoe werd het door IBM ontwikkelde Coursewritersysteem, dat in 1968 nog experimenteel was, in de centrale Reken Instituut van de R.U. Leiden ingebracht.

Door technische moeilijkheden ging dat niet probleemloos. Het jaar 1969 werd gebruikt om met het systeem te leren werken. De Course-writertaal werd door IBM voor CAI ontwikkeld en is alleen op IBM-machines bruikbaar. In de

loop van 1969 is het geschikt gebleken voor eenvoudige CAI-programma's. In januari 1970 werd het systeem onder een ander 'operating system' gebracht waardoor de beschikbare tijd en geheugenruimte aanzienlijk werd uitgebreid. De kommunikatie met de computer geschiedde vanaf dat moment met een terminal op het Pedagogisch Instituut, een teletypewriter. Begin 1971 werd een tweede versie van het Course-writer-systeem ingebracht, waardoor meer programmeringsmogelijkheden werden opengelegd, met name uitgebreidere vertakkingsmogelijkheden. Bovendien werd in 1971 en 1972 geëxperimenteerd met een visual display waarop ook dia's kunnen worden geprojecteerd, en met de IBM 2760, een 'visual unit', waarbij gebruik wordt gemaakt van een 16 mm film (kassette) en een lichtpen. In voorbereiding is een apparaat dat 'random access' mogelijkheden geeft voor dia's en geluidsbanden.

Tot zover de hardware.

In de aanvangsfase (1969) werd een aantal demonstratieprogramma's ontwikkeld waarmee nuttige ervaring werd opgedaan met de Course-writertaal en het computer 'management' systeem. Voortbouwend op deze ervaring werden in 1970 een aantal onderwijsprogramma's op touw gezet.

#### 3.2.1

In de eerste plaats was dat een programma Statistiek voor jongerjars studenten in de sociale wetenschappen. Een eerste deel van dit programma werd in 1970 vervaardigd. Het behandelde in een lineaire sekwentie onderwerpen als frekwentieverdeling, gemiddelde, spreiding en standaarddeviatie. Proefdraaien leverde een aantal observaties op. In de eerste plaats bleek het tempo laag te liggen, voornamelijk door de lage snelheid van de Teletype. Het uittypen van tabellen bijv. kostte veel tijd; bovendien verdwenen deze achter de machine wanneer het programma verder ging waardoor raadplegen moeilijk werd. Dit probleem werd opgelost door middel van het off-line (niet door de computer gestuurd) aanbieden van dia's met deze tabellen. De leerling bediende



de projectie zelf door een simpele druk op de knop. Dit had tevens tot voordeel dat ook grafieken en tekens die niet in het tekenrepertoire van de Teletype voorkomen, konden worden geprojecteerd. Het nadeel is dat deze dia's in vaste volgorde moesten worden aangeboden (wat bij een lineair programma geen probleem is, maar bij vertakte wel). In de tweede plaats bleek het, ter verhoging van het tempo, nodig kortere informatie-eenheden aan te bieden. Dit demonstratieprogramma werd in de loop van 1971-72 herzien en uitgetest en wordt op het moment omgewerkt tot een volledige cursus om als 'remedial teaching' medium in het statistiekonderwijs te worden opgenomen. Dat zal in augustus 1973 geschieden.

### 3.2.2

In april 1970 werd een experiment gedaan met een herkansing van een propedeusetentamen op de computer. Daartoe werden op de Teletype 25 meerkeuze-vragen aangeboden die de student door het intypen van een letter moest beantwoorden. Na 15 vragen werd een tussenstand opgegeven, welke door de meeste deelnemers als negatief werd ervaren. Over het algemeen waren de ervaringen gunstig zowel wat betreft de tentaminandi als de onderzoekers.

Nadelen zijn dat een gegeven antwoord niet meer kan worden veranderd als een nieuwe vraag is verschenen en dat het systeem veel terminaltijd kost, een klein half uur per deelnemer. Voordelen zijn: geen tijdslimiet, snelle uitslag en geen mogelijkheid tot spieken. Hoewel het in de bedoeling lag tentamens en toetsen in toenemende mate te programmeren, is daarover niet meer gerapporteerd.

### 3.2.3

Ten behoeve van het basisonderwijs werd in de loop van 1970 een programma 'Natrú' ontwikkeld waarin instructie wordt gegeven aangaande het begrip soortelijk gewicht. Bij de konstruktie hiervan werd getracht de mogelijkheden van Coursewriter optimaal te gebruiken zodanig

dat de aanbiedingssekwentie in zekere zin afhankelijk is van de antwoorden van de leerling. Bij het proefdraaien bleek het programma zeer motiverend en leken de resultaten aanzienlijk. Voor verder onderzoek werd een voortoets ontwikkeld teneinde de voorkennis van de leerlingen (6e klas lagere school) te kunnen controleren. Na een try-out in februari 1971 werd het programma omgewerkt tot een cursus 'soortelijke massa', in de richting van een ruimere toepassing van vertakkingsmogelijkheden. Met deze cursus werd een uitgebreider onderzoek uitgevoerd door Drs. P. L. van der Plas, dat onder meer mogelijk werd door uitbreiding van het aantal beschikbare terminals tot zes.

### 3.2.4.

In dit onderzoek (van der Plas, 1972) werd de relatie nagegaan tussen faalangst van de leerling en het gebruik van een aantal keuzemogelijkheden die de leerling binnen het programma ten dienste staan.

Uit de resultaten bleek dat negatief faalangstige kinderen (F-) in vergelijking met positief faalangstige (F+):

1. meer samenvattingen vroegen,
2. meer hulp vroegen waardoor het goede antwoord op een vraag direct wordt uitgetypt,
3. dat er geen significant verschil was in het aantal malen dat er meer informatie werd gevraagd alsvorens een toets werd gemaakt,
4. dat F- kinderen minder ekstra opgaven vroegen alsvorens door te gaan dan F+ kinderen,
5. dat de F- kinderen zich ongunstiger uitten over de lessituatie dan de F+ kinderen.

Ten behoeve van dit programma 'soortelijke massa' en ook ten behoeve aan het programma 'statistiek' is men er in 1971 in geslaagd aan het Coursewriterpakket een voldoende uitgebreide rekenmogelijkheid toe te voegen, waarmee de leerling de computer rekenwerk kan laten verrichten. Van deze mogelijkheid wordt nu in meerdere programma's gebruik gemaakt.

### 3.2.5.

In aansluiting op het hierboven beschreven on-

derzoek van drs. van der Veer van de V.U. naar een vijftal mathematische leermodellen is in Leiden een analoog onderzoek uitgevoerd met betekenisvol materiaal, nl. het leren van engelse woorden (Slobbe, 1972). Hieraan namen een vijftal groepen leerlingen van de 2e klas HAVO deel. Op grond van gegevens uit een vooronderzoek met één van deze groepen werden de populatieparametere geschat die in de vier gebruikte leermodellen werden ingevuld. De overige vier groepen kregen volgens deze modellen les.

Er bleken geen verschillen te zijn tussen de resultaten van de vier groepen, noch op de posttest, noch op de retentietest na zes weken. Wel werd enige variatie in de leertijd gevonden. Bovendien werden zeer hoge negatieve correlaties gevonden tussen het aantal tijdens de les gemaakte fouten en de testcores, zo hoog dat al na een beperkt aantal trials in de les een adequate voorspelling was te maken van de natestprestatie.

### 3.2.6.

Ter vergelijking van een tweetal aanbiedingsstrategieën werd een scheikundeles ontwikkeld over ontstaan, winning en verwerking van aardolie. Hiervan werden twee versies gemaakt, een programma 'olie', dat bestond uit 24 dia's met tekst en/of afbeelding in vaste volgorde en door de leerling regelbare projectietijd, afgewisseld met vragen, en het programma 'petro' waarin werd gestreefd naar het opsporen van en aanknopen bij reeds aanwezige kennis, welke door aanvullende informatie en inzichtvragen op het beoogde nivo werd gebracht. Hierbij is meer vertakking mogelijk. Beide versies werden aan de leerlingen van een 3e klas HBS voorgelegd. Er bleken geen verschillen in prestatie te zijn tussen de groepen, die de verschillende versies hadden gevolgd. Dit resultaat werd evenwel enigszins op losse schreeven gezet doordat achteraf de scheikundecijfers van beide groepen bleken te verschillen.

### 3.2.7.

Tenslotte werd in 1972 een aanzet gemaakt tot een programma dat bedoeld is om rekenmoei-

lijkheden te diagnosticeren bij L.O.M.-leerlingen. Daartoe is een overkoepelend programma geschreven, dat niet is 'volgeschreven' met opgaven (sometjes van diverse aard) maar dat opdrachten bevat waarmee deze opgaven tijdens de executie van het programma door de computer worden gegenereerd. Speciale voorzieningen in het programma houden bij wat voor soort fouten gemaakt worden en in welke hoeveelheden. De beperkingen van Coursewriter brachten hier evenwel problemen met zich mee, nl. dat de registratie van een gedifferentieerd scala van observatiegegevens slechts gebrekkig kan geschieden waardoor een betrekkelijk groot aantal fouten in de restcategorie 'ondefinieerbaar' terecht kwam. Verder programmeerwerk moet worden uitgevoerd vóór kan worden overgegaan tot de ontwikkeling van onderwijs aansluitend op diagnoses.

Bij de Leidse plannen voor 1973 en 1974 valt de nadruk op een afsluiting van het prille experimenteerwerk, waarbij een dokumentatie zal worden aangelegd om de opgedane ervaring voor het toekomstige werk te bewaren, en wordt geleidelijk overgegaan tot gedegen onderzoek naar 'die aspecten van de onderwijsleersituatie, die voor het computer-gestuurde onderwijs en de eventuele invoering daarvan in de school betekenis hebben', dwz. de kwaliteit van het onderwijs. Er zal worden gewerkt aan een verbetering van de invoer- en uitvoersituatie, waarbij de Teletypes worden vervangen door audio-visuele leerstations met 'random access' diaprojectie- en geluidsband mogelijkheden. Het onderzoek van onderwijs zal zich de komende jaren richten op aanbiedingsstrategieën in relatie tot programma- en persoonsvariabelen, en bovendien zal de statistiekcursus, die hierboven is besproken in het onderwijsprogramma van de Faculteit der Sociale Wetenschappen worden opgenomen.

## 3.3 Eindhoven - Technische Hogeschool<sup>3</sup>

### 3.3.1.

In tegenstelling tot de twee voorgaande projecten die zich met CAI bezighouden gaan we nu over

naar een CMI projekt. In samenwerking tussen de groep Onderwijsresearch en de groep Technische Mechanica van de T.H. Eindhoven werd in september 1970 een nieuw onderwijssysteem gestart voor onderwijs in de Technische Mechanica voor 1e jaars studenten werktuigbouwkunde, het z.g. 'Self-Paced-Study' Systeem (SPS).

Uitgaande van het feit dat dit onderwijs aan een grote groep studenten moet worden gegeven terwijl de beperkende voorwaarden aan personeel en materiële hulpmiddelen vrij stringent waren, werd gekozen voor een systeem waarin een aantal onderwijskundige principes tot hun recht kwamen. Het idee werd ontleend aan Green (1969). De studiestof wordt opgedeeld in een twaalfstal eenheden. Ter toetsing van de kennis waren voor elke studieeenheid zes gedeeltelijk overlappende toetsen ter beschikking. De stof werd gepresenteerd d.m.v. tekst: hoofdstukken uit boeken en eigen materiaal. Wanneer een student meende een eenheid te beheersen kon hij daarover een toets maken. Was dat voldoende dan kon hij met de volgende eenheden verder gaan; was het onvoldoende dan werd hij voor een nadere bestudering naar de stof terugverwezen d.m.v. een advies dat van de gegeven antwoorden afhankelijk was. Was bij de derde poging de norm nog niet gehaald dan werd de student verwezen naar een docent voor individueel onderwijs. Na het succesvol doorlopen van de twaalf eenheden was de cursus 'gehaald'. Een tentamen was dan niet meer nodig. Wanneer een student zoveel toetsen moest overdoen dat hij aan het eind van het semester nog niet klaar was moest hij aan het gewone tentamen meedoen.

Aan het begin van het semester vulden de studenten een aantal psychologische tests in, terwijl aan het eind een toets identiek met het 'normale' tentamen moest worden gedaan waaraan geen konsekventies van slagen of zakken vastzaten. De resultaten waren zeer bemoedigend. Aan het eind van het semester had 88% van de ingeschreven 1e-jaars aan de eisen van het vak Technische Mechanica voldaan, terwijl dat in 1968 40% en in 1969 55% was. Daarnaast vertoonden de SPS-studenten een significant grotere kennis en vaardigheid dan de studenten uit het jaar 1969-70.

Nadere analyse liet zien dat de studentenpopulaties in de loop van de jaren nagenoeg konstant waren in de relevante dimensies, zodat bovenstaande vergelijking gerechtvaardigd is.

De tijd die het SPS-systeem van de student vergde beliep in totaal 90 uur, terwijl de schattingen in het oude systeem (zelfstudie, kolleges en tentamen) uiteenliepen van 145 tot 185 uur. Uit vragenlijsten achteraf bleek dat 74% van de deelnemers deze wijze van studeren boeiend en prettig vond. Kritieken die rezen richtten zich tegen de vele tijd die het zou kosten (!), de wijze van terugkoppeling etc.

De lezer zal zich langzamerhand afvragen wat opname in dit artikel rechtvaardigt, aangezien het woord 'computer' waarmee tevoren zo lustig is gestrooid, nog niet is gevallen. Bij het besproken systeem werden de toetsen gescoord door student-assistenten en werd de administratie (zorgen dat de toetsen in de goede volgorde gemaakt worden; zorgen dat geen student twee maal dezelfde toets krijgt) ook door hen verzorgd. Het was van meet af aan de bedoeling deze functies te automatiseren maar in dit eerste jaar kwamen tijd te kort om dat te realiseren. In het volgende kursusjaar 1971-72 werd het SAMI (Student-assistent managed instruction) systeem gedeeltelijk vervangen door een CMI-systeem. Er werd een managementprogramma ontwikkeld dat het hele systeem bestuurde. Het systeem werkte in essentie hetzelfde als in het vorige jaar, maar als de student nu meende een eenheid te beheersen ging hij achter een Teletype zitten die gekoppeld was aan het Philips Time Sharing systeem (P 9200) van de T.H.E. Nadat hij zijn identifikatienummer had ingetypt en het nummer van de eenheid waarover hij een toets wou maken, checkte de computer eerst of de student daaraan inderdaad al toe was, en zo ja dan koos hij een willekeurige steekproef multiple choice vragen uit de verzameling items voor die eenheid, welke op de Teletype werden uitgetypt. De antwoorden werden later door de student weer via Teletype ingevoerd en hij kreeg meteen de uitslag. Dit systeem nam daardoor veel routinematig werk weg voor de studiebegeleiding. Bovendien was het nu mogelijk om op willekeurige momenten



een volledig geordend overzicht te krijgen van de stand van zaken, zowel per student als over de gehele populatie. Ook dit jaar werkte het systeem met veel succes. Het belangrijkste nadeel van het systeem was echter dat de terminal voortdurend bezet was, hetgeen duur is en bovendien vervelende wachttijden oplevert.

In het meest recente studiejaar (1972-73) werd dit zo gewijzigd dat de itemnummers voor elke student via het timesharing systeem worden geproduceerd. De student krijgt een itemboek, zoekt de opgegeven items daarin op en legt zijn antwoorden vast op een zg. 'schrapp'-kaart. Deze kaart wordt ingelezen via een kaartleesapparaat dat aan de terminal is gekoppeld. Na automatische scoring door de computer krijgt de student meteen zijn uitslag. Wachttijden worden op deze wijze drastisch beperkt. Empirische gegevens zijn over dit jaar nog niet bekend.

### 3.3.2.

Een ander CMI project waarbij tijdens de eerste realisatie (1971) de computer slechts een administratieve off-line rol speelde is het Onderwijs Pakket Analyse (OPA). In deze cursus voor 3e-jaars studenten werktuigbouwkunde gaat het om het aanleren van de analyse van concrete werktuigbouwkundige problemen. Hoewel ook een aantal begrippen, theorieën en methodieken uit de sterkteleer en de trillingsleer moest worden aangeleerd staan de analyse-aspekten van het probleem-oplossen centraal. De stof, wederom hoofdstukken uit boeken en eigen teksten, werd opgedeeld in een aantal delen afgesloten met een open vragen-toets. De computer hield de administratie van de voortgang bij. De ervaringen met het systeem waren niet onverdeeld gunstig. Een aantal tekortkomingen waren o.m. dat het begin-niveau zowel als de werkmentaliteit van de deelnemers tekortschoot. De vrijheid van de student om zijn eigen tempo te bepalen werd enigszins misbruikt doordat velen het lieten 'sloffen' en dan, als het einde van de periode in zicht kwam, als een razende aan de slag moesten. Ook inhoudelijk was de cursus nog niet wat het zou moeten zijn. Het aanleren van problemsolving vaardig-

heden en vooral het toetsen daarvan is een zeer moeilijke zaak waardoor waarschijnlijk de nadruk toch op kennis van theorieën etc. is komen te liggen. De leereenheden bleken te groot te zijn waardoor de waarde van de toetsen, de feedback, afnam; bovendien kleven er aan de openvragen-toetsen vele bezwaren. Het systeem werd daarom grondig herzien. De stof wordt nu opgedeeld in vijf hoofdpakketten die elk uit een aantal blokken of hoofdstukken bestaan, afgesloten door een objectieve toets. De cursus is zo geprogrammeerd dat de student soms kan kiezen tussen een aantal blokken, soms de volgorde van een aantal blokken zelf kan bepalen. Er is veel aandacht besteed aan de toetsen die van een multiple-choice vorm zijn of van een multiple-true-false vorm. Er werd een zekere temporele structurering voor de studenten aangebracht die hen dwong bepaalde delen vóór bepaalde data af te hebben. De functie van de computer in het geheel is weer dat hij een toets genereert en scoort en de volledige management en administratie van het systeem bestuurt. Empirische gegevens van de werking van het systeem zijn nog niet voorhanden.

### 3.3.3.

Een derde project wordt uitgevoerd door de heer Vaags. Het is een simulatieprogramma dat een praktikum elektrotechniek voor 1e-jaars elektrotechniek kan vervangen, waarin tot dusver een veelheid van niet direkt relevante handelingen moet worden uitgevoerd, zoals solderen en aflezen van meetinstrumenten. Het programma bestaat uit drie delen. In het eerste deel wordt de student de eigenschappen en het gedrag aangeleerd van een spoel, een condensator en een weerstand. In het tweede gedeelte wordt inzicht overgedragen in de wisselwerking tussen deze drie componenten, terwijl in het derde deel een stroomkring wordt gesimuleerd in de computer bestaande uit een aantal van bovenstaande componenten. Dit wordt de student aangeboden als een 'black box' waarvan hij de structuur niet kent. Het is nu de taak van de student door middel van het variëren van de invoer en het obser-

veren van de uitvoer (het gedrag) te bepalen uit welke elementen de black box is opgebouwd en welke waarden deze hebben. Het programma, dat dus een volwaardig CAI programma is, is klaar en geprogrammeerd maar nog niet ingevoerd in het onderwijs. Binnenkort wordt een try-out gehouden, waarop een onderzoek zal volgen met een drietal groepen, 1. een groep die deze simulatie doorloopt, 2. een groep die het oude praktikum doorloopt en 3. een groep die een paper-and-pencil equivalent doorloopt.

### 3.3.4.

In 1971 heeft de heer E. van Hees een programmeerinstructie ontwikkeld, geschreven in COURSEWRITER III, bedoeld voor 1e-jaars elektrotechniek. Dit programma dat aan een Teletype wordt doorlopen, bestaat uit drie delen: 1. een eerste blik op de computer; 2. opbouw en besturing van de computer; 3. problem solving, programmeren en coderen.

Dit CAI-programma is geheel gereed en uitgetest maar kon doordat niet voldoende terminals aanwezig zijn, tot nog toe niet in het onderwijs worden ingevoerd.

### 3.3.5.

Tenslotte valt uit Eindhoven nog te vermelden dat er recentelijk een nieuw 'master' programma is geschreven dat een algemene structuur heeft en waar in principe elk CMI programma in is in te vullen. Binnen dit algemene management programma loopt, loopt naast SPS en OPA sinds kort ook een cursus dynamische systemen voor 2e jaars werktuigbouwkunde.

Daarnaast is in voorbereiding en gedeeltelijk al in uitvoering een programma van diepgaander onderzoek naar een aantal onderwijskundige vraagstukken zoals de sekventiëring van instructiegedeelten, feedbackschema's en problem-solving gedrag. Ter afsluiting van dit gedeelte kan nog worden gemeld dat er wordt gewerkt aan een zekere mate van automatisering van een praktikum, dat een onderdeel is van de cursus dynamische systemen, waar de studenten hypothesen

moeten toetsen in een konkrete laboratorium-situatie. Hierbij wordt vooreerst gedacht aan het random toewijzen van experimenten en het random toewijzen van waarden van variabelen in het gekozen experiment.

### 3.4. Nijmegen – Katholieke Universiteit<sup>5</sup>

Sinds 1971 wordt aan de Katholieke Universiteit van Nijmegen door de Werkgroep Onderwijs en Computer (W.O.C.) gewerkt aan de voorbereiding van de invoering van CAI in het onderwijs. W.O.C. is samengesteld uit medewerkers van het Universitair Reken Centrum en het Instituut voor Onderzoek van het Wetenschappelijk Onderwijs, o.l.v. dr. Mark Leiblum. Na vergelijking van een aantal CAI-talen heeft de groep gekozen voor PLANIT. Na overleg met en bemiddeling van de CAI-groep van prof. K. Haefner in Freiburg (Duitsland) werd deze taal in Nijmegen geïmplementeerd op de I.B.M. 370-155. Aangezien inmiddels in een drietal grote universiteitsreken centra (Amsterdam (VU + UvA), Groningen en Utrecht) computers van de firma Control Data worden geïnstalleerd waarin de PLANIT-taal tot het standaardpakket behoort, is het aannemelijk dat een groot gedeelte van de Nederlandse CAI-activiteiten in deze taal zullen worden verwezenlijkt. Een korte bespreking is daarom hier op zijn plaats.

Een van de belangrijkste eigenschappen (Aaronson 1971) van PLANIT is dat het 95% machine-onafhankelijk is, d.w.z., dat slechts 5% van het programma aan de specifieke computer aangepast moet worden en dat de rest er zo in kan. In de tweede plaats is PLANIT zeer 'author friendly', d.w.z. dat elke willekeurige docent met een minimum aan training een CAI programma in PLANIT kan programmeren. In de derde plaats is in PLANIT een rekentaal ingebouwd met uitgebreide mogelijkheden. Als de student CALC aanroept kan hij praktisch alle berekeningen uitvoeren die hij kan verzinnen. Dit is een belangrijk verschil met bijv. COURSEWRITER dat minder rekenmogelijkheden heeft. De rekenfaciliteit kan bij vele programma's bijv. wiskun-

de, natuurkunde, statistiek etc. onontbeerlijk zijn. Het zou op deze plaats te ver voeren gedetailleerd in te gaan op de gebruikersfaciliteiten die PLANIT biedt, maar een aantal aardige mogelijkheden mogen niet ongenoemd blijven.

In de eerste plaats is het mogelijk om, bijv. in een lineair programma, de computer goede en slechte antwoorden te laten bekomentariëren met feedback opmerkingen die willekeurig uit een van te voren gedefinieerde feedback 'pool' worden gekozen. Ten tweede is het voor de auteur die een programma inbrengt of corrigeert erg handig dat hij voortdurend ge'prompt' wordt, d.w.z. dat het programma zelf (indien nodig) aanwijzingen geeft over volgende stappen. Als laatste voorbeeld tenslotte, geeft PLANIT de mogelijkheid om ingetypte antwoorden van de student op verschillende manieren met het goede antwoord te vergelijken; daardoor is PLANIT niet aan de multiple-choice vorm gebonden. Het heeft de mogelijkheid te zoeken naar een trefwoord (KEYWORD); als KEYWORD is ON dan wordt, als het goede antwoord is: 'blauw', de zin 'het is blauw' ook geaksepteerd; als KEYWORD is ALL, dan wordt, als het goede antwoord is: 'George Washington' niet alleen 'President George Washington' maar ook 'Washington George' geaksepteerd. Daarnaast heeft PLANIT ook een fonetische vergelijking, d.w.z. dat zowel het door de auteur opgegeven goede antwoord als de respons van de student fonetisch wordt gekodeerd voor vergelijking. Dit betekent dat de gemiddelde typefout geen beletsel is, dus 'Washungtan' is ook goed. Men kan al deze mogelijkheden (en er zijn er nog veel meer) naar believen in- of uitschakelen.

Tot zover PLANIT.

Gedurende het jaar 1972 is de invoering van PLANIT in en de aanpassing aan de I.B.M. 370-155 computer van het Universitair Reken Centrum doorgevoerd. Men is nu zover dat onderwijsprogramma's kunnen worden geprogrammeerd. Daarover wordt overlegd met diverse fakulteiten; zo zijn er plannen voor een cursus statistiek voor 1e jaars in de sociale wetenschappen en voor een cursus diagnostiek voor junior-ko-assistenten in de medicijnen, waarin ziekte-

beelden worden gesimuleerd en de veranderingen daarin als gevolg van bepaalde behandelingen waartoe de student opdracht kan geven. Vanuit Freiburg zijn een aantal onderwijsprogramma's, o.a. een diagnostisch scheikunde toets programma, een scheikunde laboratoriumsimulatie en programma's in de natuurkunde, genetica en biologie, beschikbaar gesteld die kunnen worden omgewerkt en ingevoerd. Tevens wordt gepraat over uitbreiding van de terminal-situatie, mogelijk geworden nu de I.B.M. 370-155 is geïnstalleerd en over timesharing wordt gedacht; op dit moment zijn twee Teletype's beschikbaar voor het samenstellen van onderwijsprogramma's.

### 3.5. Tilburg - Katholieke Hogeschool<sup>6</sup>

Het Onderwijs Research Centrum (ORC) van de Katholieke Hogeschool Tilburg, dat tot taak heeft: het ontwikkelen van onderwijsvormen met behulp van een technologische benadering is in het cursusjaar 1972-73 bezig met een evaluatieonderzoek van de SPS-kursus statistiek voor 1e jaars psychologiestudenten. Binnen het kader van deze cursus heeft de computer alleen de rol van off-line rekenaar en is er dus nog geen sprake van CMI. Het ligt evenwel in de bedoeling om in het komende cursusjaar, wanneer de betreffende cursus aan een veel grotere populatie studenten, nl. 1e-jaars studenten in de sociale wetenschappen, zal worden voorgelegd, te komen tot een automatisering van de management en administratie langs dezelfde lijnen die in Eindhoven zijn gevolgd. De groep Onderwijsresearch van de TH Eindhoven heeft daarvoor zijn CMI-master programma ter beschikking gesteld. Het ligt bovendien in de bedoeling om vanaf september 1973 ook de cursus Algemene Economie voor de Tilburgse 1e jaars economie binnen het raam van dit programma te brengen.

Voor de automatisering van deze programma's zal gebruik worden gemaakt van een online computer, een PDP 11/45, die in het Psychologisch Laboratorium aanwezig is. Het streven binnen het ORC is om de ontwikkeling te stuwen in de richting van CAI waarin dan ook



onderzoek zal worden gedaan naar de vraag hoe het onderwijs kan worden geoptimaliseerd wat betreft instructiestrategieën en wat betreft het aansluiten bij de persoonlijkheidseigenschappen van de individuele student. Men hoopt daarom streeks 1975 aan toe te zijn.

### 3.6. Delft – Technische Hogeschool<sup>7</sup>

Sinds 1969 wordt er in Delft aan CAI gedacht en gewerkt binnen de vakgroep Informatica van de Onderafdeling der Wiskunde van de Technische Hogeschool (prof. D. Wolbers). Dat gebeurt vanuit een wat andere invalshoek dan elders. Ligt daar de nadruk meestal op de onderwijskundige kant, in Delft gaat de activiteit uit van een gerichtheid op hardware en softwaresystemen. In het algemeen, zoals van der Valk (1972) stelt, is CAI geëntameerd door psychologen, onderwijsresearchers, kortom mensen die geen computerexpert zijn. Daarom werd in het algemeen gewerkt met een gegeven hardware en software situatie, die niet in alle gevallen even optimaal voor CAI geschikt was. Het is de bedoeling van deze groep om een systeem te ontwikkelen dat bij uitstek geschikt is voor CAI. Bij deze ontwikkeling die zich uiteraard baseert op de eisen vanuit de onderwijskunde, ligt de nadruk dus op de apparatuur en de systeemprogrammatuur.

#### 3.6.1.

In 1970 ontwikkelde Meijer (1971) een experimenteel CAI systeem. De bedoeling hiervan was ervaring op te doen met diverse aspecten van dat ontwikkelen. Het systeem, en dat wil in dit geval zeggen: systeemprogramma's die het leerproces sturen en administreren en waarin een cursus kan worden ingevoerd, werd gerealiseerd in een kleine PDP 9 computer met één visueel display terminal. Het bevat een auteurstaal die die naam eigenlijk niet meer waard is. De cursusinstructies moeten op speciaal ontwikkelde formulieren worden geschreven en er worden weinig eisen gesteld aan de vakdocent. Nadat deze instructies op ponskaarten zijn gezet, worden ze door een

speciaal programma in voor de machine begrijpelijke taal vertaald. Het systeem dat, zoals de titel al aangeeft, een experimenteel systeem was, bleek in de praktijk niet geschikt voor het geven van onderwijs (wat ook niet de primaire doelstelling was), maar heeft veel ervaring opgeleverd voor een nader ontwerp van een beter geschikt systeem.

Van der Valk (1972) heeft de speciale eisen van CAI, vooral op het gebied van hardware en systeemsoftware diepgaand onderzocht, en op grond daarvan is recentelijk een computersysteem aangevraagd en toegewezen. Dit bestaat uit een PDP 11/45 computer met een drietal schijfeenheden. De belangrijkste invoer/uitvoer organen daarbij zijn vier visueel display terminals, waarvan één met een joy-stick. Deze terminals beschikken over een uitgebreide karakterverzameling (96 verschillende letters, cijfers, tekens, etc.) en zijn zodanig uitgevoerd dat continue verversing van het beeld vanuit de computer niet nodig is. Ze hebben bovendien enige mogelijkheid om figuren te tekenen. Wanneer deze configuratie operationeel is zal er onderzoek verricht worden in samenwerking met de Onderwijskundige Dienst van de T.H. en geïnteresseerde T.H.-docenten, naar de beste manier waarop CAI kan worden gerealiseerd in het kader van het door de T.H. verzorgde onderwijs. In de loop van de komende jaren zal daarvoor het systeem worden uitgebouwd tot een twintigtal terminals waarbij allerlei soorten terminals in de onderwijskundige praktijk met elkaar zullen worden vergeleken.

#### 3.6.2.

Een heel ander project dat voor dit artikel relevant is, wordt eveneens door de groep van prof. Wolbers uitgevoerd. Door hem wordt een college 'inleiding informatica' verzorgd voor 1e jaars wiskunde en andere studierichtingen. Daaraan is een programmeerpraktikum verbonden. Het geheel was van meet af aan tentamenvrij opgezet. Het praktikum werd afgesloten door een bespreking van de door de student verworven computeroutput, met een medewerker. Door de enorme toeloop van studenten voor dit college werd het

systeem onwerkbaar en daarom wordt er op het ogenblik aan gewerkt om het in een SPS systeem onder te brengen zoals we dat al in Eindhoven en Tilburg tegen kwamen. De oriënteringsfase is nu afgesloten. In de loop van 1973 zal de onderwijsopzet worden ontwikkeld. Daarna wordt het systeem in 1974 uitgetest op een kleine groep studenten en geëvalueerd, waarna het systeem rijp moet zijn om in het reguliere onderwijs te worden ingevoerd.

### 3.7. Utrecht – Rijksuniversiteit

Bij de Vakgroep Natuurkunde-Didaktiek van het Fysisch Laboratorium aan de Rijksuniversiteit Utrecht wordt sinds een jaar door drs. F. van 't Hul gewerkt aan de voorbereiding van CAI. Dit werd mogelijk doordat ook in Utrecht een nieuwe CDC computer wordt geïnstalleerd. Door onderhandelingen met CDC is hiervoor de PLANIT software ter beschikking gesteld. Men heeft zich door studie van literatuur en CAI handboeken, het schrijven van oefenprogramma's in PLANIT en bezoeken aan Michigan State University en aan het instituut van prof. Haefner in Freiburg in het gebruik van PLANIT ingewerkt. Er wordt op het ogenblik geëxperimenteerd op een video display + printer die door middel van een telefoonverbinding met de CDC van de Universiteit van Groningen is verbonden, omdat de Utrechtse computer nog niet operationeel is. Er worden programma's in de fysica voorbereid en bovendien is een groepje medewerkers vanuit diverse subfakulteiten, vooral ook uit de sociale wetenschappen, bezig met het leren van PLANIT. Het valt daarom te verwachten dat in de komende jaren diverse experimentele cursussen zullen worden vervaardigd.

### 3.8. Enschede – Technische Hogeschool Twente

Ook in Enschede wordt gewerkt aan de voorbereiding van een C.M.I. systeem. Drs. A. E. N. Rommes van het Centrum voor Didaktiek en Onderzoek van Onderwijs is bezig met de sys-

teemanalyse hiervoor. Enerzijds wordt daarbij gebruik gemaakt van en voortgebouwd op de Eindhovense ervaringen, anderzijds kan uitgegaan worden van in Twente ontwikkelde pakketten geïndividualiseerd onderwijs. Het systeem kan op zijn vroegst in 1974 beginnen wanneer een nieuwe computer geïnstalleerd is. Het ligt in de bedoeling het dan onder meer toe te passen voor materiaalkunde en thermodynamica. Ook het Individueel Studie Systeem (ISS) voor eerstejaarsstudenten wiskunde van drs. Tj. Plomp (1972) zal in een analog managementstelsel ondergebracht worden.

### 3.9. Varia

Binnenkort is ook op de Universiteit van Amsterdam (GU) PLANIT beschikbaar voor CAI activiteiten. Bij mijn weten worden alleen bij de subfakulteit psychologie, vakgroep Methodologie, in bescheiden mate voorbereidingen getroffen om hiervan gebruik te gaan maken.

Tenslotte beschikt een aantal computerfirma's over CAI programmaatjes om de mogelijkheden van hun apparatuur mee te demonstreren. Omdat het hier niet om onderzoek naar CAI gaat, zullen we er verder geen aandacht aan schenken.

## 4. Slot

Ondanks de zeer recente opkomst van het computer gestuurde onderwijs wordt er, zoals we hebben gezien, in Nederland toch al veel onderzoek gedaan, in een vroeg of al verdergaand stadium. Het aantrekkelijke van de situatie zoals die is gegroeid, is dat het onderzoek vanuit diverse gezichtspunten is opgezet.

In Leiden wordt het onderzoek gemotiveerd door belangstelling voor de verbetering van de kwaliteit van het onderwijs, waarbij de nadruk ligt op het primaire en secundaire onderwijs, in Amsterdam (VU) ligt de nadruk op het onderzoek van fundamentele leerpsychologische principes, in Eindhoven, Tilburg en Enschede gaat het om het geautomatiseerd managen van stukken onderwijs voor grote groepen studenten

(CMI), in Delft wordt CAI benaderd vanuit het gezichtspunt van optimale hardware en systeemsoftware, terwijl in Nijmegen, Utrecht en Amsterdam (GU) de belangstelling uitgaat naar het zich daartoe lenende onderwijs aan (universitaire) studenten.

Deze ontwikkeling houdt in dat over een breed veld van toepassingen van de computer als onderwijsmedium een grote hoeveelheid ervaring en informatie wordt opgedaan. Ondanks het feit dat het groepje onderwijsresearchers dat zich met CAI en CMI bezighoudt zeer klein is, is mij bij het verzamelen van het materiaal voor dit artikel gebleken dat de samenwerking en coördinatie, die uitsluitend informeel verloopt, niet optimaal is. Aangezien kan worden aangenomen dat de jaren 70 een sterke toename te zien zullen geven in het aantal deskundigen dat zich met deze materie bezig houdt lijkt een nauwere samenwerking en coördinatie van de activiteiten in deze dure en arbeidsintensieve vorm van onderzoek vereist. Formalisering van deze samenwerking in de vorm van een landelijke werkgroep of iers dergelijks zou wellicht kunnen bijdragen tot een meer gerichte expansie van het computer gestuurde onderwijs in Nederland.

#### Noten

1. Het verzamelen van de gegevens voor dit artikel en het schrijven ervan geschiedde in het kader van een stage aan de Vakgroep Methodenleer, afdeling Onderwijsresearch, van het Psychologisch Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam. Dank voor de kritische medewerking en begeleiding ben ik verschuldigd aan:  
mijn supervisor: drs. Joh. Hoogstraten  
en aan:  
dr. A. Dirkzwager, Psychologisch Research Laboratorium, V.U.  
drs. F. Gastkemper, I.O.W.O., Katholieke Universiteit Nijmegen  
ir. E. van Hees, O. R. C., Katholieke Hogeschool Tilburg  
mej. drs. R. van den Heuvel, Onderwijskundige Dienst, T.H., Delft  
drs. F. van 't Hul, Vakgroep Natuurkunde-Didactiek, R.U. Utrecht

prof. dr. L. de Klerk, Pedagogisch Instituut, R.U. Leiden

drs. A. E. N. Rommes, C.D.O., T.H. Twente

drs. D. W. Vaags, Groep Onderwijsresearch, T.H. Eindhoven

ir. M. van der Valk, Onderafdeling der Wiskunde, T.H. Delft

2. De informatie voor dit gedeelte werd geput uit Voortgangsrapport okt. 1971-juni 1972 (1972) en een gesprek met dr. A. Dirkzwager.
3. De informatie over dit gedeelte werd ontleend aan Braak, Esmeijer, Meuwese en Tielens (1971), Braak en Janssen (1972), van Hees (1972a, 1972b) en gesprekken met drs. D. W. Vaags van de groep Onderwijsresearch van de T.H. Eindhoven.
4. De informatie voor dit gedeelte werd ontleend aan diverse interne rapporten en aan gesprekken met drs. F. Gastkemper van het I.O.W.O. en dr. M. Leiblum van het U.R.C.
5. De informatie voor dit gedeelte werd geput uit Van den Heuvel, van Rookhuizen en van Hees (1972), van Hees en van Rookhuizen (1972) en gesprekken met ir. E. van Hees.
6. De informatie in dit gedeelte werd ontleend aan Meijer (1971) en gesprekken met mej. drs. R. van den Heuvel van de Onderwijskundige Dienst en ir. M. van der Valk van de Onderafdeling der Wiskunde.

#### Literatuur

Aaronson, D. C. (1971): 'ICU/PLANIT: the all-purpose machine-transferable CAI system' SP-3623, System Development Corporation, Santa Monica, California.

Alpert, D. en Bitzer, D. L. (1970) 'Advances in Computer-based Education'. *Science*, 167, 1582-1590.

Bernaert, G. F. (1972): 'Onderzoek naar de effecten van twee aanbiedingsstrategieën (leerling controle en programma controle) op leertijd en leerprestatie met het leerprogramma 'mechanica'. Bijlage C in: Voortgangsrapport okto. 1971-juni 1972 (1972).

Braak, L. M., Esmeijer, W. L., Meuwese, W. A. I. en Tielens, H. J. (1971): 'Een 'Self-Paced-Study' systeem (SPS) in de Technische Mechanica, cursus



- 1970/71, semester I. T.H.-Report WE-71-12, Technische Hogeschool Eindhoven.
- Braak, L. H. en Janssen, J. D. (1972): 'De konstruktie en begeleiding van OPA 72'. T.H.-Report WE-72-3. Technische Hogeschool Eindhoven.
- Computer Assisted Instruction (CAI) – Werkzaamheden en ontwikkeling in 1969 en 1970 (1971). Voortgangsrapport project 'Computer Assisted Instruction'; deelproject A: het Coursewriter-project. Pedagogisch Instituut Rijksuniversiteit Leiden.
- Dirkzwager, A. (1968a): 'Geprogrammeerd Onderwijs en Electronische Informatieverwerking', in: *Symposium Geprogrammeerde Instructie*, Muusses, Purmerend.
- Dirkzwager, A. (1968b): 'Over het gebruik van computers bij de bestudering van psychologisch en onderwijskundig onderzoek'. *Informatie*, 10, 323-334.
- Dirkzwager, A. (1968c): 'Onderwijs door de computer?' *Ad Fontes*, 15, 223-231.
- Dirkzwager, A. (1970a): 'Onderwijs, Training en Opleiding met Computers', in: Drenth, P. J. et al., *'Bedrijfspsychologie'*, Kluwer, Deventer.
- Dirkzwager, A. (1970b): 'Computers als hulpmiddel bij het onderwijs'. *Informatie*, 12, 1-9.
- Green, B. A. (1969): 'A self-paced course in freshman physics'. Educational Research Centre, Massachusetts Institute for Technology.
- Grubb, R. E. (1968): 'Resources for CAI'. *Programmed Learning & Educational Technology*, 5, 18-24.
- Grubb, R. E. (1969): 'Learner Controlled Statistics', in: Atkinson, R. C. & Wilson, H. A. (eds.): *'Computer Assisted Instruction: A Book of Readings'*, Academic Press, New York.
- Hees, E. J. W. M. van (1972a): 'Computer Assisted Instruction: een technologische benadering'. Groep Onderwijsresearch, OR/EJ 03, Technische Hogeschool Eindhoven.
- Hees, E. J. W. M. van (1972b): 'Eindverslag: Opzet van een programmeerinstructie met behulp van computer assisted instruction'. Groep Onderwijsresearch, ECB/EJ 04, Technische Hogeschool Eindhoven.
- Hees, E. J. W. M. van, en Rookhuijzen, R. van (1972): 'Vooronderzoek S.P.S. cursus statistiek 1972-73 in de Subfaculteit Psychologie'. O.R.C., 72.02, Katholieke Hogeschool Tilburg.
- Heuvel, G. van den, Rookhuijzen, R. van, en Hees, E. J. W. M. van (1972): 'Bij de start van het Onderwijs Research Centrum'. O.R.C., 72.01, Katholieke Hogeschool Tilburg.
- Heuvel, R. van den, en Valk, M. van der (1972): 'Computer in het Onderwijs'. Onderwijskundige Dienst, Technische Hogeschool Delft.
- Interimverslag: De ontwikkeling van computer-gestuurd onderwijs (1971): Project 'Computer Assisted Instruction', deelproject A: het Coursewriterproject. Pedagogisch Instituut, Rijksuniversiteit Leiden.
- Klerk, L. de (1972): 'De Computer als Onderwijsmedium'. Pedagogisch Instituut, Rijksuniversiteit Leiden.
- Leerkamp, N. A. (1971): 'Computers in het onderwijs'. *Onderwijs en Media*, 3, 172-174.
- Landa, L. N. (1968): *'Algorithmierung im Unterricht'*. Volk und Wissen, Berlijn.
- Leeuw, L. de (1972): 'Aanleren van algorithmische en heuristische oplossingsmethoden'. Bijlage B in: Voortgangsrapport okt. 1971-juni 1972 (1972).
- Leiblum, M. (1971): 'Computer-Based Instruction, Past, Present, Future'. Paper prepared for the SEAS.
- Meijer, H. (1971): 'Een experimenteel CAI systeem'. Afstudeerverslag, Onderafdeling der Wiskunde, Technische Hogeschool Delft.
- Merrill, M. D. & Boutwell, R.C. (1972): 'Instructional development: methodology and research'. Working paper no. 33, Brigham Young University, Utah.
- Parreren, C. F. van, en Carpay, J. A. M. (1972): *'Sovjetpsychologen aan het woord'*. Wolters-Noordhoff, Groningen.
- Plas, P. L. van der (1972): 'Een onderzoek naar de relatie tussen faalangst en programmavariabelen in een computer-gestuurd onderwijsprogramma natuurkunde bestemd voor leerlingen uit de zesde klas basisschool'. Pedagogisch Instituut, Rijksuniversiteit Leiden.
- Plomp, Tj. (1972): 'Een individueel Studiesysteem (ISS) voor eerstejaars wiskunde'. Technische Hogeschool Twente.
- Sears, P. & Feldman, D. H. (1968): 'Changes in young children's classroom behaviour after a year of computer assisted instruction: An exploratory study'. Research Memorandum no. 31, Stanford Center for Research and Development in Teaching.

Seltzer, R. A. (1971): 'Computer Assisted Instruction - What it can and cannot do'. *American Psychologist*, 26, 373-378.

Slobbe, F. J. (1972): 'Onderwijsstrategieën'. Pedagogisch Instituut, Rijksuniversiteit Leiden.

Suppes, P. (1968): 'Computer Assisted Instruction: An overview of operations and problems'. *Proceedings of the IFIP Congress*, 2, 1103-1113.

Valk, M. van der (1972): 'Ontwerp van een CAI-systeem'. Technische Hogeschool Delft.

Veer, G. C. van der (1973): 'Mathematical models for grouped Paired-associate learning tasks'. Psychologisch Research Laboratorium, Vrije Universiteit.

Voortgangsrapport okt. 1971-juni 1972 (1972): SVO-project 0113: Computer Assisted Instruction (CAI). Deelproject B: Programmering van 'responsive environments'. Psychologisch Research Laboratorium, Vrije Universiteit.

Voortgangsrapport Computer Assisted Instruction (1972). Project: Computer Assisted Instruction (CAI). Deelproject A: het Coursewriterproject. Pedagogisch Instituut, Rijksuniversiteit Leiden.

Wing, R. L. (1966): 'Two Computer-Based Economic Games for Sixth Grades'. *American Behavioral Scientist*, 10, 31-34.

*Curriculum vitae*

B. Camstra (geb. 1949) studeert psychologie, hoofdrichting Methodenleer, specialisatie Onderwijsresearch, aan de Universiteit van Amsterdam, welke studie hij dit jaar zal voltooien. Is enkele jaren werkzaam als kandidaatsassistent ten behoeve van het onderwijs in experimentele methoden en technieken aan prekandidaten in de psychologie.

Adres: Psychologisch Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam, Weesperplein 8, Amsterdam.