

Oogbewegingen van eersteklassers tijdens het oplossen van redactie-opgaven

E. DE CORTE en L. VERSCHAFFEL

Onderzoekscentrum voor
Onderwijsleerprocessen
Katholieke Universiteit Leuven

Samenvatting

In het recente onderzoek over het oplossen van eenvoudige optel- en aftrekvraagstukjes werd tot nog toe vooral gebruik gemaakt van de techniek van het individueel interview, van de analyse van fouten op collectieve toetsen en van computersimulatie. In deze bijdrage wordt verslag uitgebracht van een studie waarin het registreren van oogbewegingen toegepast werd voor het achterhalen van bepaalde aspecten van het oplossingsproces, waarover via de genoemde technieken onvoldoende betrouwbare gegevens kunnen bekomen worden; het betreft inzonderheid de processen en variabelen die tussenkomen bij het opbouwen van een interne probleemrepresentatie en bij de keuze van een geschikte rekenoperatie. In deze studie werden de oogbewegingen van een twintigtal leerlingen uit het eerste leerjaar geregistreerd tijdens het oplossen van een reeks van elf optel- en aftrekvraagstukjes. De analyses van deze gegevens leveren niet alleen interessant nieuw empirisch materiaal op betreffende de denkprocessen van jonge kinderen bij eenvoudige redactie-opgaven; tevens komt eruit naar voren dat het registreren van oogbewegingen een erg geschikte techniek is voor het verzamelen van gegevens over cognitieve processen van kinderen bij schoolrelevante taken.

1 Inleiding

In het Leuvens Onderzoekscentrum voor Onderwijsleerprocessen loopt sedert een aantal jaren een project dat wil bijdragen tot een beter inzicht in de ontwikkeling van de oplossingsvaardigheden en denkprocessen van jon-

ge kinderen bij eenvoudige optel- en aftrekvraagstukjes (De Corte & Verschaffel, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986a; De Corte, Verschaffel & De Win, 1984; Verschaffel, 1984). Tot nog toe werd daarbij vooral gebruik gemaakt van de technieken van het individueel interview en van foutenanalyse bij collectieve toetsen. Op basis van dit onderzoek en aansluitend bij de beschikbare literatuur over het probleemoplossen in het algemeen en het oplossen van redactie-opgaven in het bijzonder, is een model over het vaardig oplossen van eenvoudige optel- en aftrekvraagstukjes ontwikkeld, waarin vier fasen onderscheiden worden. De eerste fase wordt opgevat als een complex en doelgericht tekstverwerkingsproces, waarbij de leerling – uitgaande van de opgavetekst – een globale, interne representatie opbouwt van de essentiële elementen en relaties uit de opgave in termen van sets en setrelaties. In de tweede fase kiest de leerling een formele rekenopgave of een informele telstrategie die leidt tot de identificatie van de onbekende hoeveelheid uit de opgebouwde probleemrepresentatie. De uitvoering van de geselecteerde rekenoperatie of telstrategie vormt de derde fase uit het model. Nadat het antwoord gevonden is, kan de oplosser allereerste handelingen op het taakmateriaal uitvoeren, die de juistheid ervan al dan niet bevestigen. Dit noemen we controlehandelingen. (Voor een meer uitvoerige uiteenzetting van het model zie de Corte & Verschaffel, 1983).

De studies die in het kader van dit model verricht zijn, hebben ook reeds heel wat specifieke bevindingen opgeleverd betreffende de adequate zowel als inadequate representaties die van deze opgaven worden opgebouwd en de strategieën die toegepast worden om het onbekende getal daaruit te identificeren. Andere aspecten uit het oplossingsmodel kregen evenwel nog nauwelijks aandacht. We denken hierbij vooral aan de processen en variabelen die tussenkomen bij de constructie van de probleemrepresentatie en bij de selectie van de geschikte oplossingsstrategie (Carpenter,

1985; De Corte & Verschaffel, 1986a; Kintsch & Greeno, 1985). Dit komt doordat met de tot nog toe meest gebruikte onderzoekstechnieken weinig of geen (betrouwbare) informatie over deze processen en variabelen kan verkregen worden. Zo kan uit het model van Ericsson & Simon (1984) in verband met het gebruik van verbale gegevens verzameld via zelfrapporteringstechnieken zoals hardop denken en retrospectie, afgeleid worden dat dergelijke technieken niet erg bruikbaar zijn voor de studie van fijnkorrelige en bovendien vaak weinig bewust verlopende activiteiten die tussenkomen in het lezen en begrijpen van een tekst (De Corte, Lowyck & Verschaffel, 1986).

Teneinde te pogen om op de zojuist genoemde aspecten van het oplossingsproces van redactie-opgaven meer vat te krijgen, zijn we onlangs met het toepassen van een nieuwe techniek gestart, m.n. het registreren van oogbewegingen. Daar eerder verricht onderzoek voldoende evidentie heeft opgeleverd ten gunste van de hypothese dat er een sterk verband bestaat tussen datgene waarnaar een subject kijkt enerzijds en het aan de gang zijnde informatie-opnemende en -verwerkende proces anderzijds (Fisher, Monty & Senders, 1981; Just & Carpenter, 1980; Rayner, 1978; Van Lieshout, 1982), verwachtten we immers dat oogbewegingsgegevens behulpzaam kunnen zijn om door te dringen tot deze aspecten van het oplossingsproces van eenvoudige redactie-opgaven waarover via andere technieken onvoldoende gegevens bekomen kunnen worden.

In onderhavige bijdrage wordt verslag uitgebracht van de opzet en de resultaten van een exploratief oogbewegingsonderzoek. Het doel van deze studie was tweeledig. In de eerste plaats wilden we bijkomend empirisch materiaal verzamelen met betrekking tot het vermelde model van het vaardig oplossen van eenvoudige redactie-opgaven en langs deze weg meehelpen aan de theorievorming over het probleemoplossen in het algemeen. In de tweede plaats wilden we een vernieuwende bijdrage leveren tot de methodologie van het onderwijspsychologisch onderzoek over het kinderlijke denken. Hoewel oogbewegingsregistratie de voorbije jaren reeds veelvuldig gebruikt is bij de studie van cognitieve processen – inzonderheid bij het leesonderzoek –, is ons in de internationale literatuur nog weinig of geen spoor bekend, waarin deze tech-

niek aangewend is bij het onderzoek van het probleemoplossen van jonge kinderen bij rekentaken.

2 Onderzoeksopzet en -methoden

Een reeks van 11 redactie-opgaven werd individueel aangeboden aan een groep kinderen op het einde van het eerste leerjaar. Tijdens het lezen en oplossen van elke opgave werden de oogbewegingen van de leerlingen geregistreerd. Thans volgt een beschrijving van de proefgroep, het taakmateriaal en de procedure die gevolgd werd bij de registratie en de analyse van de oogbewegingen.

2.1 Subjecten

Aan de studie namen 22 leerlingen deel uit de eerste klas van een lagere school in Leuven. Aangezien het onmogelijk bleek deze leerlingen te verdelen in een sterke en een zwakke groep (resp. de S- en de Z-groep) op basis van hun rapportcijfers en/of het oordeel van de leerkracht, baseerden we ons hiervoor op hun gecombineerde score op de 11 aangeboden redactie-opgaven en een reeks van 32 formule-opgaven die eveneens van deze leerlingen werd afgenomen. In de verwerkingsfase raakten we echter de oogbewegingsgegevens van twee leerlingen uit de S-groep kwijt. De uiteindelijke S- en Z-groep is dus respectievelijk samengesteld uit 9 en 11 kinderen.

Het onderzoek vond plaats in april. Op dat moment hadden de leerlingen reeds uitvoerig onderricht gekregen in het neerschrijven en oplossen van optel- en aftreksommen met getallen kleiner dan 20. Daarnaast hadden ze ook reeds ervaring opgedaan in het oplossen van eenvoudige vraagstukjes met deze bewerkingen en getallen.

2.2 Materiaal

Tabel I geeft een overzicht van de 11 aangeboden redactie-opgaven.

Deze opgaven vertegenwoordigen acht verschillende semantische structuurtypes uit het classificatieschema voor eenvoudige optel- en aftrekvraagstukjes van Riley, Greeno & Heller (1983): twee combinatie- (C1 en C2), drie oorzaak-veranderings- (OVI, OV3, OV5) en drie vergelijkingsopgaven (VG1, VG3, VG5). Van drie van deze types hebben we ook nog een tweede variant opgenomen, waarin de ge-

Tabel 1 *Overzicht van de opgaven uit het oogbewegingsonderzoek*

Type (1)	Opgave	Schema	Richting	Onbekende	Bewerking
C1	Piet heeft 5 appels. An heeft 8 appels. Hoeveel appels hebben Piet en An samen?	Combinatie	-	Superset	Optelling
C2	Piet heeft 3 appels. Piet en An hebben samen 11 appels. Hoeveel appels heeft An?	Combinatie	-	Subset	Aftrekking
C2*	Piet en An hebben samen 11 appels. Piet heeft 4 appels. Hoeveel appels heeft An?	Combinatie	-	Subset	Aftrekking
OV1	Piet heeft 4 appels. An gaf Piet 8 appels bij. Hoeveel appels heeft Piet nu?	Oorzaak-verandering	Toename	Eindset	Optelling
OV3	Eerst had Piet 5 appels. Nu heeft Piet 12 appels. Hoeveel appels heeft Piet bijgekregen?	Oorzaak-verandering	Toename	Veranderingsset	Aftrekking
OV3*	Nu heeft Piet 11 appels. Eerst had Piet 4 appels. Hoeveel appels heeft Piet bijgekregen?	Oorzaak-verandering	Toename	Veranderingsset	Aftrekking
OV5	Piet heeft 5 appels bijgekregen. Nu heeft Piet 14 appels. Hoeveel appels had Piet eerst?	Oorzaak-verandering	Toename	Beginset	Aftrekking
VG1	Piet heeft 5 appels. An heeft 14 appels. Hoeveel appels heeft An meer dan Piet?	Vergelijking	Meer	Verschilset	Aftrekking
VG3	Piet heeft 3 appels. An heeft 9 appels meer dan Piet. Hoeveel appels heeft An?	Vergelijking	Meer	Vergeleken set	Optelling
VG3*	An heeft 4 appels meer dan Piet. Piet heeft 9 appels. Hoeveel appels heeft An?	Vergelijking	Meer	Vergeleken set	Optelling
VG5	Piet heeft 13 appels. Piet heeft 6 appels meer dan An. Hoeveel appels heeft An?	Vergelijking	Meer	Referentieset	Aftrekking

(1) De namen verwijzen naar de types uit het classificatieschema van Riley, Greeno & Heller (1983); bij de opgaven met een asterisk worden de twee gekende sets in de omgekeerde orde aangeboden

kende sets in de omgekeerde volgorde worden aangeboden. De hypothese was dat deze factor, tesamen met de semantische structuur, een betekenisvolle invloed zou uitoefenen op de moeilijkheidsgraad van en de oplossingsprocessen bij eenvoudige redactie-opgaven. Aldus bevat Tabel 1 vier optel- en zeven aftrekvraagstukjes. De gebruikte getallentritsen zijn: 4-7-11, 5-7-12, 3-8-11, 4-8-12, 5-8-13, 3-9-12, 4-9-13 en 5-9-14. Aangezien het praktisch niet mogelijk was om de elf vraagstukjes voor iedere leerling in een willekeurige volgorde aan te bieden, werden drie verschillende reeksen opgesteld.

2.3 Registratie van de oogbewegingsgegevens

Oogbewegingen kunnen op verschillende manieren geregistreerd worden. Voor een meer uitvoerige inleiding tot deze onderzoekstechniek verwijzen we naar een overzichtsartikel van Van Lieshout (1982) en voor een zeer technische bespreking naar een bijdrage van Young & Sheena (1975). Hier beperken we ons tot een bondige toelichting van het systeem toegepast in onderhavige studie, m.n. Debic 80. Dit systeem werd ontwikkeld in West-Duitsland en is gebaseerd op het pupilcentrum-corneale reflectie-principe, dat kortweg als volgt gekarakteriseerd kan worden (De Graef, Van Rensbergen & d'Ydewalle, 1985). Debic 80 richt een infrarode lichtbundel op het oog van de proefpersoon. Een gedeelte daarvan wordt weerkaatst door de

Piet heeft 3 appels .	
An heeft 9 appels meer dan Piet .	
Hoeveel appels heeft An ?	

Figuur 1 De intersectie van beide assen duidt het punt aan waarop de blik van het subject gericht is

cornea; een ander gedeelte door de retina, dwars doorheen de pupil. Tezeldertijd wordt het oog geregistreerd door een infrarode camera, die voortdurend het verschil vastlegt tussen het centrum van de pupil enerzijds en van de corneale reflectie anderzijds. Op basis daarvan berekent Debic 80 de vector tussen het pupilmidden en het centrum van de corneale reflectie. Uitgaande van deze vector wordt bepaald welk punt door het subject bekeken wordt. Dit geschiedt elke 20 milliseconden. De registratie van dit punt gebeurt op twee manieren. Vooreerst wordt het scherm waarop de opgave geprojecteerd wordt, samen met het punt waarop de blik van het subject gericht is, op video opgenomen. Op deze videoband wordt dit punt weergegeven door middel van het snijpunt van een horizontale en een verticale as (zie Figuur 1). Daarnaast worden de coördinaten van de opeenvolgende assenkruisen op computerschijf vastgelegd.

De afname van de 11 redactie-opgaven nam ongeveer een half uur in beslag. De leerling zat in een stoel die voorzien is van twee hoofdsteunen die toelaten het hoofd te fixeren zonder evenwel hinderlijk te zijn voor het kind. De elf dia's met de opgaven werden één voor één geprojecteerd op een scherm dat zich vóór de leerling bevond; tijdens het lezen en oplossen van elk vraagstukje registreerde Debic 80 de oogbewegingen van de leerling.

2.4 Analyse van de oogbewegingsgegevens

Voor de analyse van de gegevens werd gebruik gemaakt van een computerprogramma ontwikkeld door De Graef e.a. (1985). Daartoe moet men eerst de velden in het taakmateriaal definiëren waarin men als onderzoeker geïnte-

resseerd is. Omwille van de beperkte capaciteit van het computersysteem was het niet mogelijk om afzonderlijke velden te construeren voor alle woorden uit de redactie-opgaven. Derhalve werd voor elke opgave een rooster geconstrueerd bestaande uit vijf horizontale en (maximaal) acht verticale velden. De vijf horizontale velden waren steeds dezelfde: een voor elke regel uit de opgavetekst en een voor de ruimte erboven en eronder. Bij het bepalen van de verticale velden werd rekening gehouden met de plaats van de getallen en van bepaalde woorden in de opgave ('samen', 'meer dan', 'bijgekregen'...). Ter illustratie geven we in Figuur 2 het rooster voor het VG5-vraagstukje.

Naast de coördinaten van deze horizontale en verticale velden voor de 11 redactie-opgaven, dienen ook de begin- en eindtijd van elk oplossingsproces te worden ingevoerd, d.i. het moment waarop de dia gepresenteerd en het antwoord gegeven werd. Eenmaal al deze waarden ingevoerd, zet genoemd computerprogramma de door Debic 80 verzamelde gegevens om in een opeenvolging van symbolen die verwijzen naar de onderscheiden velden waarin het stimulusmateriaal is ingedeeld, samen met het aantal metingen dat het oog op het betreffende veld gericht was.

Uiteraard diende deze enorme hoeveelheid gegevens – er waren zoals gezegd vijftig metingen per seconde en een oplossingsproces duurde gemiddeld zowat dertig seconden! – verder gereduceerd te worden teneinde ze adequaat te kunnen interpreteren. Dit geschiedde op twee manieren. In de eerste plaats berekenden we voor elk oplossingsproces de totale oplossingstijd en het percentage ervan dat besteed werd aan het bekijken van de diverse velden

BOVEN								
AL	A1 Piet	A2 heeft	A3 13	A4 appels	A5 .	A6	AR	A
BL	B1 Piet	B2 heeft	B3 6	B4 appels	B5 meer	B6 dan An	BR	B
CL	C1 Hoeveel	C2 appels	C3	C4 heeft	C5 An ?	C6	CR	C
ONDER								

Figuur 2 *Onderscheiden velden voor de VG5-opgave*

waarin de betreffende opgave was ingedeeld; met behulp van de techniek van variantie-analyse werd het verband nagegaan tussen een aantal opgave- en leerlingkenmerken enerzijds en de tijd die aan het bekijken van de diverse onderdelen besteed werd anderzijds. Ten tweede werden de ruwe oogbewegingsgegevens gereduceerd tot sequenties van fixaties op de onderscheiden velden. Eerstgenoemde analyse werd verricht door de computer; zij heeft dan ook betrekking op alle leerlingen. De tweede analyse daarentegen moest 'met de hand' gebeuren en slaat daardoor voorlopig slechts op de oogbewegingen van een zestal leerlingen.

3 Resultaten

Vooraleer de resultaten van de analyses van het oogbewegingsmateriaal te bespreken, vermelden we dat we ook niet-oogbewegingsgegevens verzameld hebben, m.n. de moeilijkheidsgraad van de opgaven, de fouten en de oplossingstijden van de leerlingen. Wegens plaatsgebrek kunnen we daar niet op ingaan. Daarom verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar een meer uitvoerig verslag van deze studie (De Corte & Verschaffel, 1986b).

3.1 Kijktijd per veld

Vertrekkend van de ruwe oogbewegingsgegevens (zie 2.4) werd vooreerst voor elk oplossingsproces berekend hoeveel tijd (uitgedrukt in aantal metingen en in percentage van de totale oplossingstijd) de blik van de leerling in

de onderscheiden velden op de betreffende dia te situeren was (zie Figuur 2).

Een eerste opmerkelijke vaststelling was de sterke focus op de getallen in de opgave: geregeld werd meer dan 25% van de totale oplossingsstijd in de twee (kleine) getalvelden doorgebracht; soms was de blik gedurende meer dan de helft van het oplossingsproces daarop gericht. Dit verklaart mede waarom altijd gemiddeld meer gekeken werd naar de eerste en de tweede opgavezin dan naar de vraag, zelfs bij deze opgaven waarin de vraagzin het meeste of de moeilijkste woorden bevatte.

In de tweede plaats kwam het ook geregeld voor dat een antwoord gegeven werd zonder dat de leerling ook maar een blik geworpen had op bepaalde onderdelen van de opgave, zoals de uitdrukking 'meer dan', in een vergelijkingsvraagstukje of de vraagzin uit de opgave.

Een variantie-analyse op de oplossingstijden met het leerlingkenmerk oplossingsvaardigheid (S- versus Z-groep) als onafhankelijke variabele, leverde een interessante bevinding op betreffende de verdeling van de totale kijktijd over de onderscheiden velden. Meer bepaald werd er een significant verschil ($F(4,72) = 2.35, p < 0.05$) gevonden tussen de verdeling over de verschillende velden in de S- en de Z-groep. Dit verschil was hoofdzakelijk hieraan te wijten dat de S-leerlingen heel wat meer tijd besteedden aan het bekijken van de vraagzin dan de leerlingen uit de Z-groep, terwijl het omgekeerde het geval was voor de tijd waarin boven, onder, links en rechts van de opgavetext gekeken werd.

De analyse van de kijktijden per veld kan dus interessante gegevens opleveren omtrent de denkprocessen van jonge kinderen bij eenvoudige redactie-opgaven. Toch blijft het moeilijk dit soort gegevens te interpreteren; bovendien laten ze geen antwoord toe op meer specifieke vragen. Zo kan op grond daarvan niet uitgemakkt worden in welke fase van het oplossingsproces de getallen in de opgave vooral bekeken worden. Evenmin kan uit de langdurige kijktijden naar bepaalde woorden of uitdrukkingen afgeleid worden of zij eerder te wijten zijn aan coderingsproblemen tijdens de initiële lezing van het vraagstukje, dan wel aan eventuele herhaaldelijke fixaties in de daaropvolgende fasen uit het oplossingsproces. Ten slotte geven kijktijden per veld geen antwoord op vragen zoals: Worden vraagstukken gelezen? En zo ja, hoeveel tijd wordt daaraan besteed en wat gebeurt er eenmaal de opgave gelezen is? Voor het beantwoorden van al deze vragen is een ander soort van analyse van de oogbewegingsgegevens nodig, gebaseerd op de opeenvolging van de fixaties op de onderscheiden velden waarin het stimulusmateriaal is ingedeeld.

3.2 *Bepaling van de sequenties van fixaties*

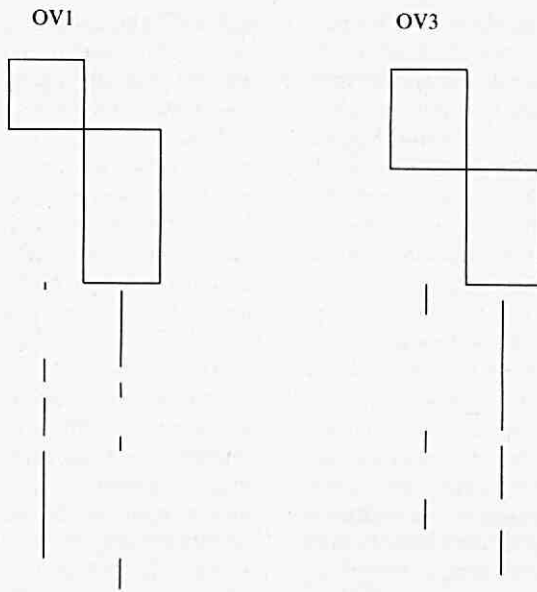
De tweede analyse die betrekking heeft op de opeenvolging van fixaties, verliep in twee fasen. Eerst werden de ruwe gegevens grafisch omgezet op millimeterpapier. Bovenaan elk blad werden de diverse velden van de opgave (A1, A2, ...C5, C6; zie Figuur 2) afgetekend. Elke meting (= 20 milliseconden) werd weergegeven door middel van een verticaal lijnstuk van één millimeter in het veld waarop de blik van de leerling op dat moment gericht was; de totale lengte van elk lijnstuk binnen een bepaald veld geeft aldus aan hoelang de blik in het betreffende veld vertoefde. Het behoeft geen betoog dat dergelijke grafische representaties uitermate gedetailleerde, doch tevens erg makkelijk leesbare overzichten bieden van het verloop van de oogbewegingen van een leerling bij de diverse opgaven. Daar deze grafieken echter met de hand gemaakt moesten worden, zijn we er tot nu toe slechts in geslaagd de oogbewegingen van zes leerlingen - drie uit elke niveaugroep - op deze manier weer te geven.

Uitgaand van deze grafieken werden vervolgens gereduceerde oogbewegingsprotocollen opgesteld die het fixatiepatroon bij het

lezen en oplossen van een redactie-opgave in kaart brengen. In dit verband verdient het begrip fixatie een beknopte toelichting.

Onder een fixatie verstaan we een periode tussen twee saccaden, d.w.z. snelle sprongachtige bewegingen van de oogbol, die voldoende lang is om informatie te kunnen opnemen (Van Lieshout, 1982, p. 149). Over de vereiste duur van een pauze tussen twee saccaden om van een fixatie te kunnen spreken, bestaat er in de literatuur geen eenduidigheid. Wel schommelen de meest gehanteerde waarden tussen 100 en 200 msec, al is ook de waarde 80 niet ongebruikelijk (zie Van Lieshout, 1982; Young & Sheena, 1975). In onderhavige studie werd als een fixatie beschouwd een periode van minstens 160 msec (= 8 metingen) in eenzelfde veld. Deze operationele definitie van een fixatie werd gehanteerd bij het reduceren van de hiervoor beschreven grafieken in termen van de volgende categorieën:

- Z1, Z2, Z3: de leerling leest de eerste, de tweede of de derde zin uit de opgave. Om aldus gecategoriseerd te worden, moet het betreffende stuk grafiek een patroon vertonen dat typisch is voor leesgedrag, d.w.z. opeenvolgende fixaties in de onderscheiden velden waarin de zin is ingedeeld, gaande van links naar rechts. Wanneer echter een enkel woord niet gefixeerd werd (bijvoorbeeld 'appels'), werd dit ook gecategoriseerd als het lezen van de zin. Wanneer na het lezen van de eerste, de tweede of de derde zin bepaalde onderdelen daaruit nogmaals gelezen werden vooraleer overgestapt werd naar een andere zin, werd dit samen met het voorgaande stuk respectievelijk gescoord als Z1, Z2, Z3.
- G1, G2: de leerling kijkt naar het eerste of het tweede getal in de opgave. Om in deze categorie te worden thuisgebracht, moest er een fixatie zijn in het overeenkomstige getal-veld. Echter, wanneer deze fixatie voorafgegaan of gevolgd werd door een fixatie in een naburig veld zonder dat er van het lezen van de zin sprake was, werd dit ganse onderdeel van de grafiek als G1 of G2 gescoord.
- W1, W2, W3: de leerling bekijkt een of meerdere woorden uit respectievelijk de eerste, de tweede of de derde zin. Een stuk grafiek werd aldus gescoord wanneer er een of meerdere fixaties in voorkwamen die noch als Z, noch als G bestempeld konden



Figuur 3 Joëlle's gereduceerde oogbewegingsprotocollen voor het OV1- en OV3-vraagstukje

worden.

- R: restcategorie: daartoe behoren onderdelen uit een grafiek die minstens 50 metingen omvatten (= 1 seconde) zonder fixaties. Kortere stukken zonder fixaties werden gewoon verdeeld over de voorgaande en de volgende categorie.
- M: 'missing data', d.w.z. periodes van minstens 50 metingen zonder gegevens. Kortere stukken 'missing data' werden eveneens verdeeld over de aangrenzende categorieën.

Deze gereduceerde oogbewegingsgegevens werden op hun beurt grafisch gerepresenteerd, gebruikmakend van een blokje, een half blokje en een lijnstuk voor respectievelijk het lezen van een zin, een of meerdere woorden uit een zin en het bekijken van de getallen. Horizontaal verwijst de plaats van het (half) blokje of het lijnstuk naar de zin waarop de gegevens betrekking hebben. Verticaal geeft de lengte van het (half) blokje of lijnstuk de duur aan van de betreffende categorie (1 mm. = 200 msec).

Ter illustratie bespreken we thans eerst twee voorbeelden van deze reduceerde oogbewegingsprotocollen (Figuur 3). Daarna volgt een meer systematisch overzicht van de resultaten van deze tweede analyse van het oogbewegingsmateriaal bij de zes leerlingen.

Figuur 3 geeft de gereduceerde oogbewegingsprotocollen van Joëlle bij het OV1- en OV3-vraagstukje. Deze leerling uit de Z-groep beantwoordde beide opgaven uiterst snel, nl. respectievelijk na 16 en 14 seconden. Terwijl de eerste opgave correct werd opgelost, paste ze bij de tweede de verkeerde operatie toe, m.n. het optellen van de twee gegeven getallen in plaats van een aftrekking. Nochtans is het oogbewegingspatroon voor beide opgaven sterk gelijklopend: eerst was er typisch leesgedrag, dat evenwel slechts de eerste twee zinnen omvatte, m.a.w. de vraagzin werd niet gelezen; daarna werd enkele keren heen en weer gesprongen tussen de twee getallen, wat erop wijst dat er 'iets mee gedaan' werd. Inderdaad telde Joëlle beide getallen telkens samen. Bij de OV1-opgave leidde dit tot het juiste antwoord; bij het OV3-vraagstukje daarentegen tot een fout.

3.3 Enkele bevindingen betreffende de sequenties van fixaties Worden vraagstukjes gelezen?

Vooreerst hebben we nagegaan of de elf vraagstukjes door de zes leerlingen wel helemaal gelezen werden. In 15 van de 66 gevallen - d.i. in bijna 25% - was dit niet zo; telkens werd de vraag niet gelezen. Joëlle - het meisje op wie de voorbeeldprotocollen uit Figuur 3

betrekking hebben – deed dit nooit. De overige vier onvolledige lezingen zijn afkomstig van twee andere leerlingen, nl. Femke en Bert. Joëlle gaf op al de vraagstukjes de som van de twee gegeven getallen als antwoord, hetgeen vier keer succes opleverde. Femke reageerde op het OVI-vraagstukje met een correct antwoord, doch paste bij de VGI-opgave de verkeerde operatie toe (optellen in plaats van aftrekken). Bert loste beide vergelijkingsopgaven waarvan hij de vraag niet las, juist op. Theoretisch gezien kunnen dergelijke onvolledige lezingen op twee totaal verschillende manieren geïnterpreteerd worden.

Eenzijds kan men argumenteren dat het niet helemaal lezen van een vraagstukje de uitdrukking is van een uiterst inadequate, oppervlakkige aanpak, die hierop neerkomt dat op zoek gegaan wordt naar de twee getallen in de opgave, waarmee een of andere bewerking wordt uitgevoerd, bijvoorbeeld de bewerking die geassocieerd wordt met het sleutelwoord (bijvoorbeeld 'meer') uit de opgavetext of de operatie waarmee men het meest vertrouwd is. Een dergelijke aanpak leidt soms (toevallig) tot een correct antwoord; in onderhavige studie leverde ze vier juiste oplossingen op.

Anderzijds zou men het slechts gedeeltelijk lezen van een vraagstuk juist als een indicatie voor vaardig oplossingsgedrag kunnen beschouwen. Volgens de meeste modellen van het oplossen van redactie-opgaven in het algemeen (zie o.m. Mayer, 1982) en van eenvoudige optel- en aftrekvraagstukjes in het bijzonder (Briars & Larkin, 1984; De Corte & Verschaffel, 1983; Riley e.a., 1983) beschikt de competente oplosser over goed georganiseerde abstracte kennis betreffende de verschillende soorten opgaven, schemata genaamd. Het begrijpen van een redactie-opgave wordt opgevat als het activeren van een van deze schemata dat als leidraad fungeert bij de constructie van een globale representatie van de essentiële concepten en relaties uit de concrete opgave. Soms biedt een geactiveerd en reeds gedeeltelijk geconcretiseerd schema echter al genoeg informatie zodat verder lezen a.h.w. onnodig wordt. Zo zal menig volwassene reeds na het horen van de eerste twee zinnen van een OV2-vraagstukje ('Piet had 6 appels; hij gaf 2 appels aan An') in staat zijn de juiste oplossing te geven. We wijzen er evenwel op dat er vooralsnog maar weinig overtuigende empirische evidentie bestaat ten gunste van de

beheersing en het gebruik van dergelijke cognitieve schemata bij kinderen uit de aanvangsklassen van de lagere school (Verschaffel, 1984). Bovendien is het ook voor wie wel over dergelijke schemata beschikt, toch raadzaam om z'n verwachtingen te controleren door snel een blik te werpen op de rest van de opgave. Immers, een vraagstukje dat begint met 'Piet heeft 3 appels; An heeft 7 appels' bijvoorbeeld, kan niet enkel gevolgd worden door 'hoeveel appels hebben Piet en An samen?', maar ook door 'hoeveel appels heeft An meer dan Piet?'

Samenvattend: uit de verzamelde gegevens komt naar voren dat de zes leerlingen de vraagstukjes soms beantwoordden zonder de opgave helemaal te lezen. Rekening houdend met het materiaal betrokken in de analyse van de totale kijktijden, vermoeden we dat de hier vastgestelde frequentie van dergelijke gedeeltelijke lezingen representatief is voor de ganse onderzochte groep van twintig leerlingen. Geargumenteerd werd dat het niet helemaal lezen van de opgave zowel de uitdrukking kan zijn van een oppervlakkig als van een diepgaand tekstverwerkingsproces. Het is evenwel vaak onmogelijk om hierover uitsluitsel te geven op basis van de oogbewegingsgegevens alleen. De grote regelmaat in Joëlle's oogbewegingen bij de elf vraagstukjes, samen met haar patroon van antwoorden en oplossingstijden voor deze opgaven, wijzen wel zeer sterk in de richting van de eerste hypothetische verklaring. Voor de twee andere leerlingen – Femke en Bert – waren bijkomende vragen (zoals 'Waarom heb je deze bewerking gekozen?', 'Kan je de opgave nogmaals navertellen?') en meer vraagstukjes nodig geweest.

Wat gebeurt er tijdens de eerste lezing van de opgave?

Een tekst kan op verschillende manieren gelezen worden. Enerzijds kan men de zinnen één na één lezen zonder dat voor- of achterwaartse sprongen gemaakt worden. Aan de andere kant kunnen bepaalde passages eruit eenmaal of zelfs meermaals herlezen worden vooraleer men (voor het eerst) het einde van de tekst bereikt.

Tabel 2 geeft een gedetailleerd overzicht van het leesgedrag van de zes leerlingen bij de elf vraagstukjes vanaf de aanbieding van de dia tot het einde van de eerste lezing. Cellen met enkel een streepje verwijzen naar die gevallen

Tabel 2 *Gedetailleerd overzicht van het oogbewegingspatroon van de zes leerlingen gedurende de eerste lezing van de elf vraagstukjes*

	Z-groep			S-groep		
	Niki	Femke	Joëlle	Hans	Bert	Lieven
C1	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	G1, G2, W1	G1, W1, W2	-
C2*	-	G1, G2	-	-	G1	-
OV1	-	-	-	-	W3, Z1, Z2	-
OV3	-	-	-	G1	-	-
OV3*	-	G1, G2	G1, G2	G1	-	-
OV5	G2, W1, W2	G1	-	G1, G2, W1, Z1, Z2	-	-
VG1	-	-	-	G1	-	-
VG3	G1	G2, W2	G1, G2	G1, G2, Z1, Z2	-	-
VG3*	-	-	-	G1	-	-
VG5	-	G1, G2	-	-	Z1, Z2	G1, W2, Z1

- = geen herlezen

G1, G2 = herlezen van het eerste of het tweede getal in de opgave

W1, W2, W3 = herlezen van een of meerdere woorden uit de eerste, de tweede of de derde zin uit de opgave

Z1, Z2, Z3 = herlezen van de eerste, de tweede of de derde opgavezin

waarin de drie zinnen uit de opgave gewoon één na één gelezen werden zonder onderbreking. De andere symbolen - Z1, Z2, Z3, W1, W2, W3, G1 en G2 - slaan op de onderdelen die minstens een keer herlezen werden gedurende de eerste lezing van de tekst. 'Z1, G2' bijvoorbeeld betekent dat de leerling - vooraleer de vraagzin te bereiken - de ganse eerste zin en het tweede getal herlezen heeft.

Zoals uit Tabel 2 blijkt werden de drie opgavezinnen 45 keer één na één gelezen zonder onderbreking. In de overige 21 gevallen werden een of meerdere zinnen, woorden of getallen herlezen. Uit deze tabel komen verder enkele interessante hypothesen naar voren, die echter systematisch getoetst moeten worden in verder onderzoek.

Ten eerste werd er een verband geconstateerd tussen de moeilijkheidsgraad van de vraagstukjes enerzijds en het leesgedrag dat erdoor uitgelokt wordt anderzijds. Zo werden de gemakkelijke C1- en de OVI-opgave bijna altijd ineens gelezen, terwijl de moeilijkere opgavetypes zoals OV5 en VG5 nogal wat herlezingen uitlokten. Dit verklaart mede het grote verschil in de tijd besteed aan de eerste lezing van de betreffende opgaven: 11 en 12 seconden voor de C1- en OVI-opgave tegenover 18 en 19 seconden voor het OV5- en het VG5-vraagstukje; al deze opgaven telden nochtans precies evenveel woorden.

Ten tweede bleek er ook een verband te bestaan tussen de oplossingsvaardigheid van de leerlingen enerzijds (S- versus Z-groep) en hun initieel leesgedrag anderzijds. Niet alleen werden er meer herlezingen aangetroffen in de S- dan in de Z-groep; bovendien waren die van een andere aard: terwijl de leerlingen uit de Z-groep zich overwegend beperkten tot het terugspringen naar de getallen in de opgave, herlezen de S-leerlingen daarnaast ook woorden en zinnen.

Wat gebeurt er na de eerste lezing?

Tabel 3 geeft een overzicht van de gereduceerde oogbewegingen gedurende de rest van het oplossingsproces, d.w.z. na het beëindigen van de eerste lezing en vóór het geven van het antwoord. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van dezelfde symbolen als in Tabel 2. Een cel met enkel een streepje betekent dat het oplossingsproces onmiddellijk na de eerste lezing beëindigd werd. 'G1, G2, W2, Z3' beduidt dat - na het lezen van de opgave - beide gegeven getallen nog minstens een keer gefixeerd werden, en dat een of meerdere woorden uit de tweede zin en de gehele vraagzin herlezen werden (evenwel niet noodzakelijk in deze volgorde).

Zoals uit Tabel 3 blijkt, werden gedurende deze tweede fase van het oplossingsproces de twee getallen bijna altijd nogmaals bekeken.

Tabel 3 *Gedetailleerd overzicht van het oogbewegingspatroon van de zes leerlingen na de eerste lezing van de elf vraagstukjes*

	Z-groep			S-groep		
	Niki	Femke	Joëlle	Hans	Bert	Lieven
C1	G1, G2, W3	G1, G2	G1, G2	G1, G2	G1, G2	G1, G2
C2	W1	G1, G2, W1, W3	G2	G1, G2, W1, W2	G1, G2, W1	G1, G2, W3
C2*	G1, G2, W2	G1, G2, Z1, Z2, Z3	G1, G2, W2	G1, G2, W2, W3	G1, G2, Z3	G1, W2
OV1	G1, G2, W3	G1, G2	G1, G2	G1, G2	G1, G2	G1, G2, W3
OV3	G1	G1, G2	G1, G2	G1, G2	G1, G2	G2, W2, Z1, Z2
OV3*	G1, G2	G1, G2, Z3	G1, G2	G1, G2, W1, Z2, Z3	G1, G2, Z3	G1, G2
OV5	G1, G2	G1, W1	G1, G2	G1, G2, W1	G1, G2, W2, Z1, Z2, Z3	G1, G2, W1, W3, Z1, Z2
VG1	G1, G2, W2, W3, Z1, Z3	G1, G2	G1, G2	-	-	-
VG3	G1, G2	G1, G2, W3	G1, G2	G1, G2, W2, W3, Z1, Z3	G1, G2, Z1, Z2, Z3	G1, G2, W1, W2, W3, Z1, Z2, Z3
VG3*	G1, W1	G1, G2, W1, W3, Z1, Z2	G1, G2	G1, G2, W1, W2, W3	G1, G2, Z1, Z2	G1, G2, W3
VG5	G1, G2, W2	G1, G2, W2	G1, G2	G1, W3	G1, W1, W2	G1, G2, W2, W3, Z2

- = onmiddellijk antwoorden

G1, G2 = bekijken van het eerste of het tweede getal

W1, W2, W3 = herlezen van een of meerdere woorden uit de eerste, de tweede of de derde zin uit de opgave

Z1, Z2, Z3 = herlezen van de eerste, de tweede of de derde opgavezin

In feite werden beide getallen in deze fase veelal meermaals afwisselend gefixeerd. In meer dan de helft van de gevallen werden daarnaast echter ook woorden en zinnen herlezen, hetgeen als een indicatie kan beschouwd worden dat de semantische verwerkingsprocessen nog niet ten volle beëindigd waren na de eerste lezing van de opgave.

Verder stelden we, zoals bij de eerste lezing, opnieuw een verband vast tussen de moeilijkheidsgraad van de vraagstukjes enerzijds en het kijkgedrag van de leerlingen anderzijds. Zo lokten C1- en OVI-vraagstukjes ook hier minder herlezingen van woorden en zinnen uit dan de andere, moeilijkere opgavetypes. Wanneer we beide vaststellingen samennemen, dan kunnen we concluderen dat naarmate een vraagstukje voor een kind meer problematisch is - d.w.z. een opgave waarvoor het niet over een pasklare oplossing beschikt - het oplossingsproces niet bestaat uit een lineaire opeenvolging van twee van

elkaar afgescheiden fasen, m.n. een representatie- en een uitvoeringsfase; integendeel beide fasen lijken elkaar af te wisselen en te interageren in een echt probleemoplossingsproces.

Ten slotte werd ook hier een samenhang gevonden tussen de oplossingsvaardigheid van de leerlingen enerzijds en hun oogbewegingen anderzijds. Ook na de eerste lezing van het vraagstukje bleven de leerlingen uit de S-groep meer oog hebben voor de niet-getalsmatige gegevens (woorden, zinnen) dan de leerlingen uit de Z-groep. Wanneer we deze vaststelling in verband brengen met de voorafgaande hypothese in verband met het initieel lezen, dan lijkt het een plausibele onderstelling dat semantische verwerkingsprocessen een meer cruciale rol spelen in het oplossingsproces van knappere leerlingen.

Hoewel het recente spuurwerk over het oplossen van eenvoudige optel- en aftrekvoorbeeldjes reeds een rijke schat aan theoretische inzichten en empirisch materiaal heeft opgeleverd betreffende de ontwikkeling van de denkprocessen en -vaardigheden van jonge kinderen bij dit soort opgaven, blijven er toch nog heel wat vraagtekens, vooral met betrekking tot de variabelen en processen die tussenkomen bij de constructie van een representatie van de probleemsituatie en bij de keuze van een geschikte rekenoperatie. In onderhavige bijdrage werd verslag uitgebracht van een exploratieve studie waarin een nieuwe techniek - nl. oogbewegingsregistratie - ingeschakeld werd voor het verzamelen van empirisch materiaal over die fasen of aspecten van het oplossingsproces waarover via andere technieken zoals het individueel interview, onvoldoende gegevens kunnen verkregen worden.

De belangrijkste bevindingen kunnen als volgt samengevat worden. Aan de ene kant bieden de verzamelde oogbewegingsgegevens steun aan de hypothese dat het semantisch verwerken van de opgavetekst een cruciale component is van het vaardig oplossen van vraagstukken (De Corte & Verschaffel, 1983; Kintsch & Greeno, 1985; Lindvall & Ibarra, 1980; Nesher, 1982; Riley e.a., 1983). Zo werd o.m. vastgesteld dat de knappe leerlingen meer tijd besteedden dan de zwakkeren aan het lezen van de niet-getalsmatige gegevens in de opgavetekst. Aan de andere kant leveren de oogbewegingsgegevens empirisch bewijsmateriaal ten gunste van de veel gehoorde bewering dat fouten op schoolvraagstukken vaak het gevolg zijn van het niet (aandachtig) lezen van de opgavetekst. Er werd namelijk vastgesteld dat de leerlingen de vraagstukjes soms (foutief) beantwoordden zonder ook maar een blik te werpen op bepaalde essentiële componenten uit de opgavetekst. In dit verband dient evenwel aangestipt dat dergelijke oppervlakkige aanpakstrategieën mede tot stand kunnen komen door het stereotiep, saai en wereldvreemd karakter van de vraagstukjes waarmee de leerlingen in het aanvankelijk rekenondericht geconfronteerd worden (De Corte, Verschaffel, Janssens & Joillet, 1985). Ten slotte dwingen de oogbewegingsgegevens ons tot het in vraag stellen van het strikt lineair en sequentieel karakter van ons theoretisch

oplossingsmodel (zie de Inleiding), zeker wanneer het moeilijke opgaven betreft. Wegens het exploratief karakter van onderhavige studie, zullen deze bevindingen echter getoetst moeten worden in meer systematisch onderzoek.

Een belangrijk doel van deze studie was het evalueren en op punt stellen van de techniek van oogbewegingsregistratie. Een kernvraag in dit verband is in hoeverre deze techniek geschikt is voor het bestuderen van denkprocessen van jonge kinderen bij schoolrelevante taken. Hierop hebben we een duidelijk positief antwoord gekregen: 1. de calibratiewaarden (= de ijkingsgegevens) waren even goed en soms zelfs betrouwbaarder dan bij volwassenen; 2. het percentage 'missing data' bleef meestal beperkt tot 10 à 15%; 3. over het algemeen bleken de leerlingen niet in het minst gehinderd door de vrij ongewone testsituatie. Dit alles is ongetwijfeld vooral te danken aan een aantal kwaliteiten van het gehanteerde systeem voor oogbewegingsregistratie, nl. De-bic 80: het hoofd van de leerling kan tot op zekere hoogte vrij bewegen; het hoofd wordt niet op een hinderlijke manier gefixeerd (bijvoorbeeld door het bijten op een rubberen mondstuk); de infrarode lichtbundel is onzichtbaar ... Maar daarnaast werd door de interviewer ook de nodige aandacht besteed aan de gewinning aan de testsituatie, door de leerlingen eerst in groep en in het bijzijn van hun leerkracht rond te leiden in de testkamer en hun enige uitleg te verschaffen over de werking van het apparaat.

Gedurende de verzameling en de analyse van de oogbewegingsgegevens zijn we evenwel ook op een aantal belangrijke problemen gestoten. Ten eerste is de techniek erg tijdrovend. Het valt echter te verwachten dat dit probleem grotendeels zal vervallen als gevolg van onze toenemende vertrouwen met de apparatuur enerzijds en de verdere automatisering van de registratie en verwerking van de oogbewegingsgegevens anderzijds. Een tweede probleem van deze studie was de onmogelijkheid om afzonderlijke velden te construeren voor alle woorden uit de opgavetekst. Doch zelfs wanneer dit technisch probleem zal verholpen zijn, blijft de cruciale vraag bestaan hoe groot de zone rond het fixatiepunt is waaruit informatie kan worden opgenomen; m.a.w. kan men ook informatie inwinnen uit een ander veld dan datgene waarin de blik

gericht is? Ten derde, aangezien onderhavige studie in de eerste plaats gericht was op de exploratie van de techniek van oogbewegingsregistratie als dusdanig, hebben we de verbale rapportering over de representatie- en oplossingsprocessen verwaarloosd. Overeenkomstig ons breed-spectrum-principe inzake onderzoeksmethodologie (zie De Corte, 1984; De Corte, Lowyck & Verschaffel, 1986) zullen we er in de toekomst echter naar streven oogbewegingsgegevens te combineren met informatie verkregen via de techniek van verbale rapportering. Omwille van de enorme hoeveelheid gegevens die door Debic 80 gespuid wordt, is het ten slotte noodzakelijk om in de toekomst studies op te zetten op basis van meer specifieke onderzoeksvragen, die met behulp van de analyse van oogbewegingsmateriaal benaderd kunnen worden.

Literatuur

- Briars, D.J. & J.H. Larkin, An integrated model of skill in solving elementary word problems. *Cognition and Instruction*, 1984, 1, 245-296.
- Carpenter, T.P., Learning to add and subtract: An exercise in problem solving. In: E. Silver (Ed.), *Problem solving: Multiple research perspectives*. Philadelphia: Franklin Institute Press, 1985.
- Corte, E. De, Kwalitatieve gegevens in onderwijs-onderzoek. In: L.F.W. De Klerk & A.M.P. Knoers (Eds.), *Onderwijspsychologisch onderzoek*. (Onderwijsresearchdagen 1984). Lisse: Swets & Zeitlinger, 1984.
- Corte, E. De, J. Lowyck & L. Verschaffel, Zelfrapportering als techniek bij de studie van onderwijsleerprocessen: een poging tot verheldering. *Pedagogische Studiën*, 1986, 63, 506-514.
- Corte, E. De & L. Verschaffel, Oplossingsprocessen van eersteklassers bij eenvoudige redactie-opgaven. In: E. De Corte (Ed.), *Onderzoek van onderwijsleerprocessen: Stromingen en actuele onderzoeksthema's*. (Bijdragen tot de Onderwijsresearchdagen 1981). 's Gravenhage: Stichting voor Onderzoek van het Onderwijs, 1982.
- Corte, E. De & L. Verschaffel, Representatieproblemen van jonge kinderen bij aanvankelijke redactie-opgaven. In: E. De Corte & P. Span (Eds.), *Studies over onderwijsleerprocessen. Bijdragen aan een Symposium ter gelegenheid van tien jaar Belgisch-Nederlandse samenwerking*. Leuven: Helicon, 1983.
- Corte, E. De & L. Verschaffel, Een analyse van de representatieprocessen van beginnende eersteklassers bij eenvoudige optel- en aftrekvoorbeeldjes. In: P.G. Vos, K. Koster & J. Kingma (Eds.), *Rekenen. Balans van standpunten in theorievorming en empirisch onderzoek*. Lisse: Swets & Zeitlinger, 1984.
- Corte, E. De & L. Verschaffel, Oplossingsstrategieën van eersteklassers bij aanvankelijke redactie-opgaven over optellen en aftrekken. *Pedagogische Studiën*, 1985, 62, 125-138.
- Corte, E. De & L. Verschaffel, Empirische toetsing van computermodellen over denkprocessen van jonge kinderen bij aanvankelijke redactie-opgaven. In: E. De Corte (Ed.), *Onderwijsleerprocessen. Bevindingen van Leuven's onderwijspsychologisch onderzoek*. Leuven: Acco, 1986a.
- Corte, E. De & L. Verschaffel, *Oogbewegingsregistratie bij het onderzoek van het probleemoplossen van kinderen bij rekenopgaven*. Voordracht gehouden op de Onderwijsresearchdagen 1986 te Utrecht, 1986b.
- Corte, E. De, L. Verschaffel & L. De Win, De invloed van tekstkenmerken op de representatie- en oplossingsprocessen van jonge kinderen bij eenvoudige optel- en aftrekvoorbeeldjes. *Pedagogisch Tijdschrift*, 1984, 9, 527-538.
- Corte, E. De, L. Verschaffel, V. Janssens & L. Joillet, Teaching word problems in the first grade: A confrontation of educational practice with results of recent research. In: Th.A. Romberg (Ed.), *Using research in the professional life of mathematics teachers*. Madison, WI: Wisconsin Center for Education Research, University of Wisconsin, 1985.
- Ericsson, K.A. & H.A. Simon, *Protocol analysis. Verbal reports as data*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1984.
- Fisher, D.F., R.A. Monty & J.W. Senders (Eds.), *Eye movements: Cognition and visual perception*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1981.
- Graef, P. De, J. Van Rensbergen & G. d'Ydewalle, *User's manual for the Leuven eye-movement registration system*. (Internal report.) Leuven: Laboratory for Experimental Psychology, University of Leuven, 1985.
- Just, M.A. & P.A. Carpenter, A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological review*, 1980, 87, 329-354.
- Kintsch, W. & J.G. Greeno, Understanding and solving arithmetic word problems. *Psychological Review*, 1985, 92, 109-129.
- Lieshout, E.C.D.M. van, Oogbewegingsonderzoek: Methode, resultaten en betekenis voor onderzoek van het onderwijs. *Tijdschrift voor Onderwijsresearch*, 1982, 7, 145-171.
- Lindvall, C.M. & C.G. Ibarra, *A clinical investigation of the difficulties evidenced by kindergarten children in developing 'models' for the solving of arithmetic story problems*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston, MA, April 1980.
- Mayer, R.E., Memory for algebra story problems. *Journal of Educational Psychology*, 1982, 74, 199-216.

- Nesher, P., Levels of description in the analysis of addition and subtraction word problems. In: T.P. Carpenter, J.M. Moser & T.A. Romberg (Eds.), *Addition and subtraction. A cognitive perspective*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1982.
- Rayner, K., Eye-movements in reading and information processing. *Psychological Bulletin*, 1978, 85, 618-660.
- Riley, M.S., J.G. Greeno & J.I. Heller, Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In: H.P. Ginsburg (Ed.), *The development of mathematical thinking*. New York: Academic Press, 1983.
- Verschaffel, L. *Representatie- en oplossingsprocessen van eersteklassers bij aanvankelijke redactie-opgaven over optellen en aftrekken. Een theoretische en methodologische bijdrage op basis van een longitudinale kwalitatief-psychologische studie*. (Niet-gepubliceerd doctoraatsproefschrift.) Leuven: Seminarie voor Pedagogische Psychologie, Faculteit der Psychologie en Pedagogische Wetenschappen, K.U. Leuven, 1984.
- Young, L.R. & D. Sheena, Survey of eye-movement recording methods. *Behavior Research Methods and Instrumentation*. 1975, 7, 397-429.
- Curricula vitae*
- E. De Corte (1941), doctor in de pedagogische wetenschappen (1970), gewoon hoogleraar aan de K.U. Leuven in het Departement Pedagogische Wetenschappen, Afdeling Didactiek en Psychopedagogiek met als voornaamste onderwijsopdrachten pedagogische psychologie (bij pedagogiek- en psychologiestudenten) en didactiek (in de lerarenopleiding).
- L. Verschaffel (1957) behaalde in 1979 het diploma van licentiaat in de pedagogische wetenschappen aan de K.U. Leuven; promoveerde in 1984 op 'Representatie- en oplossingsprocessen van eersteklassers bij aanvankelijke redactie-opgaven over optellen en aftrekken'; is bevoegdverklaard navorser bij het Belgisch Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek.
- Adres*: Pedagogisch Instituut, Vesaliusstraat 2, B-3000 Leuven.
- Manuscript aanvaard* 19-1-'87.

Summary

Corte, E. De & L. Verschaffel. 'Eye-movements of first graders during word problem solving'. *Pedagogische Studiën*, 1987, 64, 137-149.

Most studies of children's solution processes on simple addition and subtraction word problems have used individual interviews or the analysis of error patterns on tests as the primary data-gathering techniques. This paper reports an investigation in which the contributions of eye-movement data was explored for studying those aspects of the problem-solving process, that are inaccessible with the methods mentioned above, especially the text-comprehension processes contributing to the construction of a problem representation, and the subject's decision-making processes in choosing a solution strategy.

Eleven addition and subtraction word problems were administered individually to nine high-ability and eleven low-ability first graders. For each problem, eye-movements were registered while children read and solved the tasks. Two kinds of eye-movement data were analyzed, namely the gaze durations for different areas of the problem text, and the sequences of fixations on those areas. Besides interesting findings concerning children's solution processes, the study showed convincingly that eye-movement registration can be used easily with young children, and is very appropriate for collecting data on their cognitive processes.