

PASCUAL-LEONE'S THEORIE
VAN CONSTRUCTIEVE OPERATOREN:
EEN KRITISCHE BESPREKING

[PASCUAL-LEONE'S THEORY OF CONSTRUCTIVE OPERATORS:
A CRITICAL REVIEW]

Karen PHALET

*Katholieke Universiteit Leuven
Afdeling Ontwikkelings- en Differentiële Psychologie*

Pascual-Leone's Theory of Constructive Operators is critically reviewed. The theory is presented as a synthesis of Piagetian and information processing elements as well as elements from the domain of cognitive style (Witkin's fieldindependence). This combination allows for an explanation of global developmental levels in intelligence on the one hand and specific intelligent behavior as an interaction between task- and subject characteristics on the other hand. Pascual-Leone's prototypical design, which contains aspects of the genetic, experimental and differential methods, is presented with a focus on applications in cognitive developmental research. Finally, advantages and drawbacks of the theory are considered, with particular attention to the problematic hypothesis of a growing mental capacity and the questionable objectivity of metasubjective task analysis.

SITUERING

In de late jaren zeventig begon de Piagetiaanse theorie in de cognitieve ontwikkelingspsychologie aan belang in te boeten. Dit was het gevolg van de opkomst van de informatieverwerkingstheorieën, ook op het domein van de ontwikkeling van intelligentie. Het werk van Klahr en Wallace (1972, 1973, 1976) en van Siegler (1973, 1976), die net als Simon (zie Newell & Simon, 1972) werkzaam zijn aan de Carnegie Mellon universiteit, gelden als voornaamste referentiepunt in het brede veld van informatieverwerkingstheorieën. Voor overzichten van informatieverwerkingsonderzoek in de cognitieve ontwikkelingspsychologie wordt verwezen naar Farnham-Diggory (1972), Kail en Bisanz (1982), Siegler (1983) en Sternberg (1983).

De informatieverwerkingstheorie in verband met de ontwikkeling van intelligentie, van nu af kortweg informatieverwerkingstheorie genoemd, heeft met de Piagetiaanse theorie gemeen dat zij de cognitieve organisa-

tie van het gedrag bestudeert. Toch vormt zij zowel conceptueel als methodologisch een breuk met de Piagetiaanse traditie. Bij de conceptualisering van de ontwikkeling van intelligentie beschouwt de informatieverwerkingstheorie zogenaamde basisprocessen, zoals aandacht en geheugen, als aangeboren en onveranderlijk (althans vanaf vijf jaar, aldus Klahr, 1984). Toch stelt men een toename in snelheid en efficiëntie van de informatieverwerking bij kinderen vast. Dit verklaart men dan door een geleidelijke uitbreiding en herstructurering van specifieke kennis (de „databasis”) en specifieke strategieën (de „executieve functie”) in interactie met taaksituaties (b.v. Chi & Rees, 1983). In tegenstelling tot de Piagetiaanse theorie vermijdt de informatieverwerkingstheorie brede structurele veranderingen als verklaring van ontwikkeling. Deze visie hangt samen met haar sterk analytische methode van onderzoek. Haar werkwijze verschilt namelijk grondig van de klinische observatie en globale interpretatie van prestaties op complexe taken bij Piaget. Gedetailleerde taakanalyses vormen de basis voor een stapsgewijze reconstructie van de taakoplossing in informatieverwerkingsonderzoek. Deze reconstructies leveren precieze modellen op van intelligent gedrag op performantiemodellen, die dan op hun beurt uitmonden in computersimulaties van intelligent gedrag.

De neo-Piagetiaanse theorie van Pascual-Leone, of de Theorie van Constructieve Operatoren (TCO) en het onderzoek dat daaruit is voortgevloeid, trachten deze dubbele breuk tussen de Piagetiaanse en de informatieverwerkingstheorie te overbruggen. Op het conceptueel vlak houdt de TCO vast aan globale ontwikkelingsniveaus of stadia in de lijn van Piaget. Maar op methodologisch vlak zoekt zij aansluiting bij de informatieverwerkingstheorie door precieze performantiemodellen van Piagetiaanse en andere taken te ontwerpen. Vooraleer deze aspecten van de theorie verder worden uitgediept, wordt een bondige schets gegeven van Pascual-Leone's werkzaamheden als referentiekader. Pascual-Leone heeft van 1963 tot 1969 aan zijn doctoraat gewerkt in Genève, waar hij ondermeer ook meewerkte aan trainingsonderzoek met Piaget-taken (Pascual-Leone & Bovet, 1966). Het trainingsonderzoek maakte hem gevoelig voor empirische knelpunten in de theorie van Piaget en zal zijn latere werk blijven beïnvloeden (cf. infra). Tevens is van belang dat Pascual-Leone zijn werk in Genève onderbrak om in New York samen met Witkin onderzoek te doen over cognitieve stijl (zie Witkin, Dyk, Faterson, Goodenough & Karp 1962). Terug in Genève heeft hij de vruchten van zijn genetische en zijn differentiële leerschool geïntegreerd in zijn doctoraatsschrift over „cognitieve ontwikkeling en cognitieve

stijl" (Pascual-Leone, 1969). Daaruit groeide dan in de loop van de jaren zeventig, mede onder de invloed van de opkomende informatieverwerkingstheorie, zijn Theorie van Constructieve Operatoren. Deze werd en wordt verder ontwikkeld en onderzocht aan de York universiteit in Toronto (Canada), waar Pascual-Leone tot op heden werkzaam is. De theorie heeft vooral dankzij Case (1985) een ruime bekendheid gekregen in onderzoekskringen. Nochtans zal Case zich in zijn later werk distantiëren van Pascual-Leone's ideeën over algemene ontwikkelingsniveaus (cf. infra). De theorie kende haar hoogtepunt in de tweede helft van de jaren zeventig tot het begin van de jaren tachtig. Daarna nam het onderzoek over de theorie geleidelijk af en sedert 1986 is het opvallend stil geworden rond Pascual-Leone's TCO.

Dit artikel biedt een kritisch overzicht van de theorie vanuit twee invalshoeken: enerzijds vanuit gelijkenissen met oude elementen uit de Piagetiaanse en nieuwe elementen uit de informatieverwerkingstheorie, en anderzijds vanuit de combinatie van genetische, experimentele en differentiële methodes in een nieuw onderzoeksopzet. Deze conceptuele en methodologische synthese laat nieuwe verklaringen toe voor oude bevindingen in de cognitieve ontwikkelingspsychologie. Deze worden dan getoetst aan nieuwe bevindingen met behulp van Pascual-Leone's typische proefopzet. Dit leidt dan tot de formulering van drie kritieken op de theorie en tot een nieuwe situering van de theorie tegenover informatieverwerkingsonderzoek in de cognitieve ontwikkelingspsychologie.

OUDE EN NIEUWE ELEMENTEN IN EEN NIEUW GEHEEL

Hier worden de belangrijkste oude en nieuwe elementen in de TCO naast elkaar gezet. Wat de oude elementen betreft, blijven de Piagetiaanse termen meestal behouden, maar hun inhoud ondergaat natuurlijk enige wijziging in de nieuwe context. Nieuwe elementen zijn verwant met aspecten van informatieverwerkingsonderzoek enerzijds en met cognitieve stijlonderzoek anderzijds. Deze verwantschappen worden kort aangestipt ter oriëntatie, maar ze worden hier niet verder uitgewerkt. Dit zou een afzonderlijke vergelijkende studie vergen. Voor meer volledige overzichten van de TCO wordt verwezen naar Chapman (1981) en de Ribeaupierre (1983).

Aan Piaget ontleent Pascual-Leone in de eerste plaats het begrip *schema* als hoeksteen van de TCO. Hij onderscheidt drie soorten schema's. Figuratieve schema's zijn cognitieve voorstellingen van objecten en hun typische eigenschappen. Operatieve schema's zijn „blauwdrukken”

van handelingen of bewerkingen op objecten. Executieve schema's ontbreken in de oorspronkelijke theorie van Piaget en stellen strategieën van probleemoplossing voor. Figuratieve en operatieve schema's worden samengebracht in een uitvoerbaar programma. Zo worden schema's eigenlijk procedurele eenheden, die de inkomende informatie of input koppelen aan het intelligent gedrag of output. Een zekere verwantschap met elementaire informatieverwerkingsprocessen (zoals de historische TOTE van Miller en de produktie van Klahr) ligt voor de hand (Sternberg, 1983).

Als dynamische component in de cognitieve organisatie neemt Pascual-Leone van Piaget de wisselwerking tussen *assimilatie* en *accommodatie* over. Schema's zijn van nature actief in het verwerken van de input. Als oude schema's op nieuwe situaties toegepast worden, dan heet dit assimilatie. Als oude schema's falen in nieuwe situaties, wordt een inspanning gedaan om door coördinatie van bestaande schema's een nieuw super-schema te vormen. Dit noemt men accommodatie. Wat Pascual-Leone interesseert is echter niet zozeer waarom mensen er meestal wel in slagen zich aan te passen aan nieuwe situaties, maar wel waarom zij daar soms niet in slagen (Case, 1985). Om dit te verklaren moeten assimilatie en accommodatie conceptueel verfijnd en aangevuld worden.

Daartoe voert Pascual-Leone het nieuwe begrip „*stille operatoren*” in als basis voor nauwkeurige modellen van intelligent gedrag. Aan deze operatoren voor de re-constructie van intelligent gedrag ontleent de Theorie van Constructieve Operatoren trouwens haar naam. Stille operatoren grijpen onrechtstreeks in op het gedrag, doordat zij het activatiegewicht van de schema's bepalen. Schema's worden namelijk selectief geactiveerd door de input. Het gewicht van een schema is de kans dat dit schema geactiveerd wordt en niet één van de vele andere. Vier factoren bepalen het gewicht van een schema, gegeven een bepaalde input. Ten eerste de inhoud van een schema: is dit schema voldoende ingeoefend om direct aan de input geassocieerd te worden? Ten tweede de opvallendheid („*saliency*”): springen relevante aspecten van de input voor het schema voldoende in het oog binnen het perceptuele veld? Ten derde de toegankelijkheid: is het schema voldoende opgenomen in het logisch netwerk van andere schema's? En ten vierde de inzet van aandacht: is er voldoende aandacht om de relevante schema's gelijktijdig te activeren? Deze vier factoren komen overeen met de vier stille operatoren in de TCO, respectievelijk inhoudelijke activering, perceptuele activering, logische coördinatie en mentale activatie. Deze stille operatoren zijn

verwant met de functionele „machinerie” van intelligentie in de informatieverwerkingstheorie. Zo zijn de basisprocessen bij Atkinson en Shiffrin (1968) en de performantiecomponenten bij Sternberg (1983) voorbeelden van informatievrije (stille) en contextvrije kenmerken van het systeem, die de mogelijkheidsvoorwaarden van elk intelligent gedrag bepalen. Zij vormen de basis van alle specifieke modellen van intelligent gedrag.

Voor ontwikkelingspsychologen is de mentale aandacht (M) veruit de belangrijkste van de stille operatoren. Want M levert de basis voor een algemeen ontwikkelingsmodel in de vorm van een nieuwe *overgangsregel* tussen ontwikkelingsniveaus of stadia. Het begrip M wordt hier bepaald als het totaal aantal schema's dat tegelijk geactiveerd kan worden. De idee van een beperkte hoeveelheid aandacht is niet nieuw. Men denke aan het „flessehalsfenomeen” van Kahneman (1973) en aan verbanden met het werkgeheugen en het onmiddellijk geheugen uit de informatieverwerkingstheorie (Glberson, 1983). Ontwikkeling ziet Pascual-Leone (1970) eenvoudig als de toename van de hoeveelheid M of de M-capaciteit met de leeftijd. Aan elk (sub-)stadium van Piaget beantwoordt een aantal schema's k , die tegelijk ingezet kunnen worden voor de taakoplossing (naast een vaste hoeveelheid aandacht e voor het uitvoeren van de taakinstructies). Om de twee jaar zou de M-capaciteit met één schema vermeerderen. Zo neemt zij van nul tot veertien jaar trapsgewijs toe van $k=1$ tot $k=7$, het magische getal zeven van Miller (1956) ... Met deze hypothese over een capaciteitstoename van M staat Pascual-Leone niet geheel alleen. Verwante stellingen treft men aan in het vroege werk van Case (1972), bij Farnham-Diggory (1972), Halford (1982), Keats, Collis en Halford (1978) en MacLaughlin (1963). Voor een overzicht van stellingen over de aangroei van het onmiddellijk geheugen in de informatieverwerkingstheorie wordt verwezen naar Dempster (1981).

Een derde en laatste nieuw element in de TCO is het begrip *misleidende taaksituatie*. Door cognitieve stijl te koppelen aan kenmerken van de taaksituatie biedt Pascual-Leone een verklaring voor interindividuele verschillen in intelligent gedrag. De meeste taken van Piaget zijn volgens hem typische voorbeelden van misleidende taaksituaties. Dat zijn situaties waar relevante aspecten van de input gemaskeerd zijn of waar irrelevante aspecten in het oog springen binnen het perceptueel veld. Het verband met cognitieve stijl bij Witkin ligt voor de hand: mensen die veldafhankelijk zijn gaan vooral voort op hun globale perceptuele indruk en zullen in misleidende taaksituaties onderpresteren. Dit in tegenstelling tot de veldonafhankelijken, die spontaan voldoende aan-

dacht zouden mobiliseren om relevante aspecten van de input eruit te lichten. Pascual-Leone legt zo een verband tussen M en veldonafhankelijkheid. Hij verklaart dit verband door verschillen in het gebruik van eenzelfde M-capaciteit tussen veldafhankelijke en veldonafhankelijke.

Tot slot krijgen Piagetiaanse sleutelbegrippen als *structuur en equilibratie* dan ook een gewijzigde inhoud in deze „neo-Piagetiaanse theorie”. Want globale structuren van intelligentie verliezen aan belang door een accentverschuiving naar de competitie tussen afzonderlijke schema's. En de equilibratie verliest haar sleutelpositie als verklaring van ontwikkeling door de invoering van een kwantitatieve overgangsregel, namelijk de toename van M.

INTEGRATIE VAN DRIE METHODEN

Pascual-Leone (1978, 1979) benadrukt herhaaldelijk dat de TCO een algemene rationalistische theorie van de intelligentie zou zijn. Zo 'n theorie moet volgens hem drie methoden in de psychologie combineren: de genetische, de experimentele en de differentiële methode (de Ribeaupierre & Pascual-Leone, 1983). Het aandeel van de drie methodes in de TCO wordt hier kort toegelicht aan de hand van drie elementen: de toename van M, de stille operatoren en de cognitieve stijl (cf. supra). Deze driedeling vormt het stramien voor de bespreking van de verklaringen en het onderzoeksoptzet van de TCO.

Een eerste element is de toename van de M-capaciteit als overgangsregel voor het bepalen van globale ontwikkelingsniveaus. Dit element verklaart leeftijdsgebonden consistenties in intelligent gedrag over taaksituaties heen en komt overeen met het *genetische aspect* in de TCO.

Een tweede element vormen de stille operatoren. Zij liggen als functionele machinerie van intelligentie aan de basis van specifieke prestatie modellen. De stille operatoren bepalen het verloop van het intelligent gedrag in een bepaalde situatie. Zij verklaren dus variaties in actueel gedrag in functie van de situatie. Dit is het *experimentele aspect* van de TCO.

Een derde en laatste element is de cognitieve stijl. Verschillen in intelligent gedrag tussen veldafhankelijke en veldonafhankelijke subjecten worden verklaard door een verschillende inzet van M in misleidende taaksituaties. Het stijlelement verklaart dus interindividuele verschillen in gedrag die, los van de leeftijd, stabiel zijn over taaksituaties heen. Dit is het *differentiële aspect* van de TCO.

NIEUWE VERKLARINGEN VOOR OUDE BEVINDINGEN

Op haar manier verklaart de TCO klassieke bevindingen uit Piagetiaans onderzoek, die het aanvaarden van algemene ontwikkelingsniveaus ondersteunen. Daarnaast biedt de TCO eigen verklaringen voor klassieke knelpunten in Piagetiaans onderzoek, die tegen het bestaan van algemene ontwikkelingsniveaus pleiten.

In de eerste plaats verklaart de TCO consistenties in intelligent gedrag binnen eenzelfde *ontwikkelingsniveau*. Piagetianen verklaren dit verband door bij één leeftijdsgroep een gemeenschappelijke operationele structuur aan te wijzen, die onafhankelijk is van verschillen in vorm en inhoud van taken. Pascual-Leone kwantificeert dit verband in termen van de vereiste hoeveelheid M. In dezelfde lijn vinden Piagetianen algemene niveaus in rijpheid („readiness”) voor leren, die overeenkomen met kritische ontwikkelingsniveaus. Pascual-Leone verklaart die algemene rijpheid opnieuw door de aangroei van M die nodig is voor de logische coördinatie van schema's. Deze stelling verklaart als overgangsregel de samenhang van intelligent gedrag binnen een bepaalde leeftijdsgroep. Dit is het aandeel van de genetische benadering in de verklaringen van de TCO.

Naast algemene niveaus verklaart de TCO ook typische vormen van *situationele variaties* of situationele beïnvloeding van intelligent gedrag. Pascual-Leone legt die uit door de interactie tussen taakkenmerken en stille operatoren onder de loep te nemen. Dit is het aandeel van de experimentele benadering in de verklaringen van de TCO.

Een eerste afwijking van algemene niveaus vormen de systematische tijdsverschillen tussen het slagen op verschillende taken, die nochtans eenzelfde operationele structuur veronderstellen bij Piaget. Zo b.v. wordt het behoud van gewicht ongeveer twee jaar later verworven dan het behoud van hoeveelheid. Dit pleit tegen de structurele eenheid van het concreet-operationeel niveau. Piaget heeft geen bevredigende verklaring voor dit knelpunt dat hij de „*horizontale decalage*” heeft genoemd. Pascual-Leone (1973) verklaart de decalage tussen behoud van hoeveelheid en van gewicht, door de stelling dat het behoud van gewicht een grotere hoeveelheid M vereist. Ondanks eenzelfde logisch principe, het behoud van kwantitatieve eigenschappen, moeten hier immers vier in plaats van drie schema's gecoördineerd worden.

Ten tweede bieden algemene structurele niveaus geen verklaring voor *correlaties tussen de verschillende taken* (Case, 1985). Nochtans vertonen conservatie- en classificatietaken onderling eerder lage correlaties, on-

danks hun gemeenschappelijke concreet-operationele structuur. Pascual-Leone verklaart deze lage correlaties door verschillen in taakkenmerken. Die maken dat taken meer of minder misleidend zijn en dat cognitieve stijlfactoren in verschillende mate het taakgedrag gaan beïnvloeden.

Een derde afwijking vormen de talrijke succesvolle *trainingen* b.v. van het behoud van hoeveelheid bij kinderen die nog niet spontaan de sprong hebben gemaakt van een pre-operationele naar een concreet-operationele structuur. Voor Piagetianen is dit nochtans een „*conditio sine qua non*” (zie Inhelder, Sinclair & Bovet, 1974). Pascual-Leone biedt voor dergelijke trainingseffecten een samenhangende verklaring door het samenspel van mentale activatie (of M), inhoudelijke en perceptuele activatie. Dit inzicht resulteert in een drievoudige strategie voor het aanleren van nieuwe taken, die Pascual-Leone (Pascual-Leone Goodman, Ammon & Subelman, 1980) de *methode van de graduele leercycli* noemt. Een eerste strategie is het stimuleren van een maximale inzet van de beschikbare M-capaciteit door te beginnen met een heel laag M-niveau en dit geleidelijk op te drijven: wil men bv. conservatie van volume aanleren, dan begint men met de meest elementaire conservatietaak (het behoud van hoeveelheid) om dan geleidelijk (via conservatie van oppervlakte of van gewicht) het M-niveau op te drijven (cf. *infra*). Een tweede strategie is de inhoudelijke activering van relevante schema's door eenvoudige inoefening. Door het kind systematisch te laten verspringen tussen toestanden bijvoorbeeld, leert het automatisch anticiperen op de omkeerbaarheid van veranderingen (cf. *infra*). Dit heet de inoefening van het decentratieschema. Een derde strategie tenslotte wil activering van relevante schema's faciliteren door relevante informatie perceptueel extra te beklemtonen: bij conservatie van hoeveelheid met klei bv. wordt de aandacht getrokken op een relevante eigenschap door een lange worst steeds dunner te rollen. De globale methode van de graduele leercycli werd door May en Norton (1981) empirisch onderzocht. Maar het is vooral Case die de methode bekendheid gaf in zijn empirisch onderzoek (1973, 1974; Pascual-Leone, 1975) en in zijn pedagogische toepassingen (1975, 1978; Case & Bereiter, 1984). Hij vat de essentie van de methode samen in twee vuistregels: verdeel trainingstaken in kleine stapjes en maak vervolgens elke stap zo licht mogelijk qua M-vereisten.

Tot slot biedt Pascual-Leone's theorie tevens voor het eerst een verklaring voor de algemeen bekende band tussen prestaties op *Piaget-taken en veldonafhankelijkheid* (Brodzinsky, 1985; Huteau, 1980). Volgens Pascual-Leone zijn Piagetiaanse taken immers misleidende taak-

situaties. De hypothese over de rol van cognitieve stijl in dergelijke taaksituaties is het differentiële aandeel in de verklaringen van de TCO.

EEN NIEUW PROEFOPZET EN NIEUWE BEVINDINGEN

Willen de post hoc verklaringen van oude bevindingen door de TCO het statuut krijgen van een nieuwe theorie, dan moeten zij als hypothesen door nieuw onderzoek systematisch getoetst worden. Tot nu toe werd echter, ten onrechte, in uiteenzettingen over de TCO weinig aandacht besteed aan Pascual-Leone's eigen onderzoeksopzet en zijn eigen bevindingen. Hier worden aspecten van het typische onderzoeksopzet geschetst als een poging om drie onderzoeksvragen te beantwoorden.

De onderzoeksvragen worden verwoord in *drie stellingen*. Telkens staat het begrip mentale aandacht centraal. Dit is niet zo verwonderlijk, want M is de enige kwantificeerbare factor in de theorie. Bovendien speelt M een cruciale rol in het verklaren van ontwikkeling van intelligentie, van intelligent gedrag in een taaksituatie én van interindividuele verschillen in intelligent gedrag. Dit zijn de drie aspecten van de TCO in een notedop. Vandaar ook drie stellingen: (1) de hoeveelheid M neemt trapsgewijs toe met de leeftijd, (2) het oplossen van een taak vereist een bepaalde hoeveelheid M, en (3) veldonafhankelijke subjecten maken maximaal gebruik van hun M-capaciteit, in tegenstelling tot veldafhankelijken.

Deze stellingen worden getoetst in een *volledig proefopzet*, dat bestaat uit enkele vaste ingrediënten. Enerzijds worden Piagetiaanse en andere taken geanalyseerd, waaruit dan het vereiste M-niveau wordt afgeleid. Anderzijds worden onafhankelijke metingen gebruikt, die de zuivere M-capaciteit moeten vaststellen. De combinatie van een onafhankelijke meting en een complexe taak wordt aan verschillende leeftijdsgroepen aangeboden. De groepen worden geselecteerd naar veldonafhankelijkheid. Zo worden hypothetische verbanden tussen M-niveau en leeftijd én tussen M-niveau en taakoplossing in één proefopzet getoetst. Voor elk verband wordt nu een beschrijving van de onderzoeksmethode en een overzicht van toepassingen in de cognitieve ontwikkelingspsychologie gegeven.

Onafhankelijke metingen van M

Bij de zogenaamde onafhankelijke metingen wil men de zuivere M-capaciteit meten. Andere operatoren dan de mentale activatie, die ook

een invloed kunnen hebben op de activatie van schema's, moeten daarom zoveel mogelijk gecontroleerd worden. De operatoren inhoudelijke activatie en logische coördinatie worden gecontroleerd door bij voorkeur te werken met betekenisloze labo-taken en een voorafgaande, uniforme trainingsfase. De operator perceptuele activatie wordt gecontroleerd door alleen met veldonafhankelijke subjecten te werken. Pascual-Leone's eerste meting van M is de Compound Stimuli Visual Information taak (CSVI) (Case, 1979; Pascual-Leone, 1970, 1978, 1979; Trabasso & Foellinger, 1978). In de eerste fase of trainingsfase, worden visuele stimuli getoond en wordt op elk van die stimuli afzonderlijk een motorische respons aangeleerd. In de testfase worden verschillende visuele stimuli samen aangeboden en moeten de kinderen op alle stimuli tegelijk reageren. De bedoeling is het maximale aantal responsen vast te stellen dat tegelijk gecombineerd kan worden. Dit is dan een maat voor het aantal schema's dat tegelijk geactiveerd kan worden, of nog voor de hoeveelheid M. Case (1972) ontwikkelde een eigen variant op deze taak. Daarnaast wordt ook de subtest „cijfers achteruit” van de WISC weleens als maat voor M gebruikt (Lawson, 1976; Minami, 1981; Scardamalia, 1977). Beide laatste zijn echter minder geschikt gebleken. Een meer valide meting is de seriële variant van Parkinson (1974), zoals deze door Globerson (1985) wordt gebruikt. Een andere meer valide meting is de Figural Intersection Test (FIT), die door Pascual-Leone zelf ontworpen werd in 1967, en sindsdien verschillende herwerkingen kende (o.a. Johnson, 1982). In de trainingsfase wordt een stapsgewijze strategie aangeleerd voor het bepalen van de doorsnede van een aantal figuren. De FIT bestaat uit tweeledige items: links een set van afzonderlijke figuren en rechts een set die bestaat uit dezelfde figuren maar nu overlappend getekend. De opdracht is een punt te zetten in de gemeenschappelijke doorsnede. Zo wil men het aantal figuren vaststellen, dat tegelijk gecombineerd kan worden, als maat voor de hoeveelheid M.

Voor kleuters werd een speciale versie van de FIT ontworpen door Foorman (1981): een aardappelmantje dat Mister Cucui heet, komt dan in de plaats van de samengestelde figuur. Omdat de toename van M in discrete stappen wordt gedacht moet de scoring van de CSVI, de FIT en andere M-metingen altijd een cesuur hanteren, b.v. de M-capaciteit van een subject komt overeen met het aantal stimuli in de hoogste klasse van items met 70% of meer juiste oplossingen. Uit onderzoek blijkt voor alle genoemde metingen een lineair verband tussen hoeveelheid M en leeftijd. Dit bevestigt de eerste stelling.

Metasubjectieve taakanalyses

De onafhankelijke metingen kunnen echter ook met prestaties op bepaalde complexe taken in verband gebracht worden om de tweede stelling te toetsen. Daartoe worden complexe taken systematisch geanalyseerd met Pascual-Leone's methode voor „metasubjectieve taakanalyse”. De term metasubjectief verwijst naar het zogenaamde metasubject. Dit is een verzamelnaam voor niets minder dan de stille operatoren, de psychologische machinerie die werkzaam is „achter” het subject (Pascual-Leone, 1980; 1984). Taakanalyse volgens de TCO berust dan op de wisselwerking tussen taakkenmerken en stille operatoren. Deze wisselwerking vormt de basis voor de reconstructie van subjectieve strategieën van taakoplossing. Dit gebeurt in verschillende stappen en Case (1974) geeft daarvoor opnieuw enkele vuistregels. Bij wijze van voorbeeld worden die hier toegepast op het behoud van hoeveelheid (Pascual-Leone, 1973). In een eerste stap worden mogelijke (correcte en foutieve) oplossingsstrategieën overlopen en beschreven. In een tweede stap wordt nagegaan of alle benodigde schema's binnen een strategie ook verworven zijn. In een derde stap wordt voor elk schema de activatiebron bepaald. Zo onderscheidt men schema's die inhoudelijk of perceptueel geactiveerd worden van schema's die slechts door mentale aandacht geactiveerd kunnen worden. Door voor elke stap de schema's op te tellen die een beroep doen op M, bekomt men het maximale M-niveau of de M-vereisten van een oplossingsstrategie. Zo zijn de M-vereisten voor het behoud van hoeveelheid gelijk aan $e + 3$: één figuratief schema voor de vergelijking van b.v. de twee ballen klei, één operatief schema voor de geobserveerde verandering van één bal klei in een worst, en nog één voor de toepassing van de omkeerbare verandering op deze observatie. De hoeveelheid $e + 3$ van M komt overeen met de leeftijd van zeven à acht jaar (Pascual-Leone, 1970). En dat is ook de leeftijd van het spontane behoud van hoeveelheid bij Piaget.

Dergelijke taakanalyses van concreet-operationele taken vindt men ook bij Foorman (1981), Hamilton en Moss (1974), Lawson (1976), Morra (1984), Pascual-Leone en Smith (1969) en Toussaint (1974). Er zijn ook verschillende toepassingen op formeel-operationele taken van Piaget bekend (Case, 1974; de Ribeaupierre & Pascual-Leone, 1979; Scardamalia, 1977). Maar metasubjectieve taakanalyses worden niet alleen op Piagetiaanse taken toegepast: Bereiter en Scardamalia (1979) bepalen de vereiste hoeveelheid M voor klassieke IQ tests zoals Raven's Progressive Matrices. Burtis (1982) en Dempster (1978) analyseren

geheugentaken. Minami (1981) past Pascual-Leone's taakanalyse toe op taken voor visuele patroonreconstructie, Pascual-Leone en Smith (1969) onderzoeken verbale en nonverbale communicatietaken. En Todor (1979) brengt prestaties op motorische integratietaken in verband met de M-capaciteit.

Waar metasubjectieve taakanalyses in een vollediger proefopzet met onafhankelijke metingen van M in verband gebracht worden, wordt in grote lijnen het predictieve vermogen van de M-capaciteit voor de taakprestatie bevestigd. Dit leidt tot het aanvaarden van de tweede stelling. Uitzonderingen op de regel vormen de studies van Lawson (1976) en van Minami (1981). Bovendien slagen Trabasso en Foellinger (1978) er niet in het verband tussen M-capaciteit en leeftijd te repliceren in hun toepassing van de CSVI taak. Zo ontstaan geanimeerde discussies met Pascual-Leone (Case & Pascual-Leone, 1975; Pascual-Leone, 1979, 1981; Pascual-Leone & Sparkman, 1980), die op zijn beurt de proefopzetten en de analyses van zijn opponenten bekritiseert. De argumenten in deze discussies dienen als uitgangspunt voor onze eigen kritieken op de TCO (cf. infra).

M-niveau en veldonafhankelijkheid

Maar eerst wordt dit overzicht afgerond met de bevindingen over de derde stelling, met name het verband tussen de inzet van M en veldonafhankelijkheid. In het typische proefopzet van Pascual-Leone wordt dit verband niet getoetst maar al voorondersteld in de selectie van veldonafhankelijke proefpersonen. Nochtans zijn er tegenstrijdige gegevens over de prestaties van de veldafhankelijken. Speelt veldafhankelijkheid werkelijk slechts een bemoeilijkende rol zonder afbreuk te doen aan de algemeenheid van ontwikkelingsniveaus op basis van de toename van M (zie Sampsel, Widaman & Winer, 1981)? Of kan men de „algemene” ontwikkelingsniveaus van Pascual-Leone eenvoudig niet veralgemenen naar veldafhankelijken, zoals de mislukte trainingsstudie van Lawson en Nordland (1975) bij veldafhankelijke tieners suggereert? Globerson tracht hier uitsluitsel te geven. Een factoranalyse wijst uit dat M en veldonafhankelijkheid op verschillende factoren laden en dus onafhankelijke dimensies van intelligent gedrag zouden zijn (Case & Globerson, 1974). Bovendien is het mogelijk gebleken veldafhankelijke subjecten door aangepaste training tot eenzelfde prestatieniveau als de veldonafhankelijken te brengen (Globerson, Weinstein & Sharabany, 1985). Deze laatste studies bevestigen de derde stelling dat beide groepen

over eenzelfde M-capaciteit beschikken, maar verschillen in hun spontaan gebruik ervan.

DRIE KRITIEKEN

In het eerste gedeelte van de tekst kwam vooral tot uiting hoe de TCO door haar theoretische integratie van elementen uit verschillende scholen en verschillende subdisciplines nieuwe oplossingen aanbrengt voor oude problemen in de cognitieve ontwikkelingspsychologie. De houdbaarheid van deze oplossingen wordt onderzocht in Pascual-Leone's typische proefopzet en in grote lijnen lijken de resultaten van dit onderzoek positief uit te vallen. Toch dwingt een zorgvuldigere studie van de discussiepunten tot aanzienlijke nuancerings van dit opmerkelijke succes. Deze nuancerings worden gegroepeerd in drie kritieken en met empirische argumenten onderbouwd.

Kritiek op de „zuivere meting” van M

Een eerste kritiek betreft de zuivere meting van M. Zo'n meting veronderstelt het invoeren van een aantal controles die in feite de hele dynamiek tussen stille operatoren en taakkenmerken tussen haakjes plaatsen. Deze dynamiek, die zowel situationele als interindividuele verschillen in intelligent gedrag moet verklaren, wordt in Pascual-Leone's typische onderzoeksopzet als bron van bias behandeld. Daar wordt M immers geïsoleerd met behulp van betekenisloze labo-taken bij een zorgvuldig geselecteerde proefgroep. Een belangrijk gevolg hiervan is dat een groot gedeelte van de TCO nooit getoetst wordt. Pascual-Leone stelt voorop dat de TCO als algemene „rationalistische” theorie de drie benaderingen in de psychologie integreert. In zijn onderzoek houdt hij echter alleen de genetische dimensie over. Zowel de situationele variatie, als voorwerp van de experimentele psychologie, alsook de interindividuele variatie, als voorwerp van de differentiële psychologie, worden streng gecontroleerd. Zo blijft natuurlijk alleen de variatie in functie van het ontwikkelingsniveau over. Er is dus een opvallende discrepantie tussen de algemeenheidsaanspraken van de theorie en haar empirische basis. Als Pascual-Leone (1978, 1981) de tegengestelde bevindingen van Trabasso en Foellinger (1978) en van Minami (1981) afwijst op grond van onvoldoende controle bij de selectie van subjecten, dan is hier diezelfde discrepantie tussen een algemene theorie en een heel beperkt proefopzet in het geding.

Kritiek op de willekeurige eenheid van M

Een tweede kritiek betreft de eenheid van M. Hier staat de objectiviteit van metasubjectieve taakanalyses en onafhankelijke metingen ter discussie. Lawson (1976) trekt Pascual-Leone's analyse van de klasinclusietaak in twijfel en Pascual-Leone (1981) is het oneens met Minami's analyse van visuele reconstructietaken. De vraag naar de correcte taakanalyse wordt nog moeilijker, als men gaat kijken naar de verscheidenheid aan performantiemodellen in de informatieverwerkingstheorie. Want metasubjectieve taakanalyses zijn vergelijkbaar met onderzoek in de informatieverwerkingstheorie, waar de wisselwerking tussen taakkenmerken en basisprocessen van intelligentie eveneens de basis vormt voor stapsgewijze beschrijvingen van intelligent gedrag (zie Posner & MacLeod, 1982). Terwijl in de TCO het schema de eenheid van intelligent functioneren is, analyseert Siegler (1976, 1983) Piagetiaanse taken als combinaties van „regels”. Klahr en Wallace (1973; Klahr, 1984) nemen een fijnere eenheid, namelijk „producties” voor de analyse van dezelfde taken; producties zijn eenheden die bestaan uit een voorwaarde en een bijhorende actie (zoals „indien rood licht, dan stoppen”). Deze onvermijdelijke willekeurigheid in de keuze van een eenheid voor de organisatie van informatie, levert ernstige problemen bij het bepalen van de capaciteit van M of van het onmiddellijk geheugen. Want als de gekozen eenheid grover is dan in werkelijkheid het geval is, leidt dit tot een onderschatting van die capaciteit, en als de eenheid te fijn is, leidt dit tot een overschatting ervan. Het probleem dat zich stelt is eigen aan om het even welk performantiemodel voor taakoplossingen: men moet zich baseren op een hypothetische organisatie van intelligent functioneren (hetzij in basisprocessen, hetzij in stille operatoren) die noodzakelijk ongrijpbaar blijft voor rechtstreekse toetsing. In feite gaat het hier om structurele modellen die nooit rechtstreeks oorzaak of gevolg zijn in het intelligent gedrag (Zimmerman & Whitehurst, 1979). Men kan alleen trachten taken zoveel mogelijk te vereenvoudigen om zo de organisatie van het gedrag bloot te leggen, maar nooit kan men een volledige transparantie bereiken. Zowel de metingen van M als de complexe Piaget-taken berusten op de onvermijdelijke keuze van een eenheid voor de organisatie van intelligent gedrag. En dit verklaart het gebrek aan consensus over de juiste taakanalyse.

Kritiek op de onbewijsbare toename van M

Een derde en laatste kritiek betreft de capaciteitstoename van M.

Onder invloed van onderzoek in de informatieverwerkingstheorie is er immers een groeiende consensus over het belang van executieve strategieën als verklaring voor ontwikkeling. Oudere subjecten zouden door ervaring over betere strategieën beschikken, waardoor dezelfde M-capaciteit (of het onmiddellijk geheugen) spaarzamer kan aangewend worden. Dit bedoelt Case (1981, 1982) met „executieve automatisering” als verklaring voor ontwikkeling van intelligentie. Al geeft Pascual-Leone (1984) tenslotte aan de executieve automatisering van schema's wel een plaats in zijn theorie, toch blijft dit voor hem een onvoldoende verklaring van ontwikkeling. Pascual-Leone (1980) blijft trouwens in het algemeen (zeer) kritisch staan tegenover de informatieverwerkingstheorie met haar eenzijdige klemtoon op heel specifieke performantie. Toch kan hij nooit bewijzen dat de aangroei van M een noodzakelijke oorzaak van ontwikkeling is. Want door betere strategieën worden oorspronkelijke eenheden (in dit geval schema's) gecoördineerd in grotere eenheden (of superschema's). Dit heet klassiek blokvorming of „chunking”. Wanneer echter de eenheden van M zélf veranderen, is een eventuele toename van het aantal schema's of de hoeveelheid M nog moeilijk daarvan te onderscheiden (Kail & Bisanz, 1982). Het is dus best mogelijk dat Pascual-Leone de M-capaciteit van jongere kinderen systematisch onderschat, die van ouderen daarentegen systematisch overschat door geen rekening te houden met chunking. Dit besluit Dempster (1978) uit zijn studie met geheugentaken, maar Burtis (1982) komt met gelijkaardige taken tot een tegengestelde conclusie, namelijk dat de toename van M belangrijker is dan chunking. Eigenlijk is er geen empirisch uitsluitel mogelijk omdat precies de werkelijke eenheid van informatieverwerking de grote onbekende is. Simons vraagt „How big is a chunk?” stelt niet alleen de experimentele maar ook de ontwikkelingspsychologen voor een raadsel. Simon zelf, en Klahr en Siegler met hem, houdt zich liever aan „strategische verklaringen” van ontwikkeling uit analytische voorzichtigheid tegenover globale verklaringen zoals de aangroei van M bij Pascual-Leone. Maar dit betekent meteen ook dat er geen enkele reden meer is om nog algemene ontwikkelingsniveaus aan te nemen. Ontwikkeling wordt dan een „duizendpoot” van vaardigheden die één voor één een stap vooruit of zelfs achteruit zetten (Siegler, 1978).

BESLUIT

Na een korte situering en een schets van haar ontstaan in de cognitieve ontwikkelingspsychologie, werd de TCO bondig samengevat

vanuit twee invalshoeken: de synthese van oude Piagetiaanse en nieuwe informatieverwerkingselementen in een nieuwe theorie over ontwikkeling van intelligentie, en de integratie van genetische, experimentele en differentiële methoden in een nieuw proefopzet. Als men, zoals in andere overzichten (Case, 1985, hfst. 1; Chapman, 1981; de Ribeaupierre, 1983; Vuyk, 1981, vol. 2) de TCO vooral benadert als oplossing voor oude problemen, treden twee aspecten van de theorie op de voorgrond: (1) zij biedt meer oplossingen voor bestaande bevindingen zonder te breken met de Piagetiaanse idee van ontwikkelingsstadia en (2) ze is daardoor een neo-Piagetiaanse theorie. Als men echter de TCO toetst aan nieuwe bevindingen vanuit haar eigen proefopzet, worden twee andere aspecten benadrukt: (1) de TCO kent naast oplossingen ook ernstige problemen en (2) zij is in haar sterke kanten én in haar problemen verwant aan onderzoek in de informatieverwerkingstheorie. Wat leert ons dit nieuwe perspectief voor toekomstig onderzoek?

Dat de TCO voor knelpunten in de Piagetiaanse theorie, zoals horizontale decalages en trainingseffecten, een verklaring biedt heeft alles te maken met een sterke informatieverwerkingsinslag. De TCO geeft immers een basis voor gedetailleerde taakanalyses en stapsgewijze *performantiemodellen*, zoals dit gebruikelijk is in de informatieverwerkingstheorie. Op de kritiek dat de stille operatoren, behalve M, nooit onafhankelijk getoetst zijn, kan men antwoorden dat dit voor de meeste bepalingen van basisprocessen in de informatieverwerkingstheorie evenzeer een probleem is. En hoewel discussies over de juiste eenheid van M morgen wel niet beëindigd zullen zijn, kan men alvast stellen dat Pascual-Leone's taakanalyses een nieuwe benadering van Piagetiaanse taken hebben aangebracht. Daarin krijgen zowel (niet-logische) taakkenmerken als stijlkenmerken van het subject een eigen plaats. Waarschijnlijk heeft Pascual-Leone hierdoor, misschien wel zijns ondanks, de huidige studies over individuele oplossingsstrategieën in complexe taken mee mogelijk gemaakt.

Dat de TCO meer verklaart dan de informatieverwerkingstheorie, zoals globale ontwikkelingsniveaus, berust op haar hypothese over de aangroei van M. De meest originele verdienste van Pascual-Leone is alleszins deze poging geweest om *algemene generatieve principes*, zoals M, in te voeren in een informatieverwerkingskader. Hoewel de hypothese over M misschien een dood spoor is, blijft het onderzoek over M toch een goede illustratie van mogelijkheden en moeilijkheden van onderzoek over algemene generatieve principes van intelligentie. Mogelijkheden zijn de verklaring van consistente niveaueverschillen in intel-

ligent gedrag over taken heen. Moeilijkheden zijn de ongrijpbaarheid van die algemene principes (de onbekende eenheid van M) en dus de ontoetsbaarheid van veranderingen in die principes (de toename van M). Pascual-Leone's proefopzet is ingenieus maar zeker niet afdoend. Theorievorming en vooral empirisch onderzoek over algemene en dynamische eigenschappen van intelligentie blijven dus een belangrijke taak voor cognitieve ontwikkelingspsychologen.

REFERENTIES

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *Advances in the psychology of learning and motivation* (Vol. 2, pp. 71-107). New York: Academic Press.
- Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1979). Pascual-Leone's M construct as a link between cognitive developmental and psychometric concepts of intelligence. *Intelligence*, 1, 41-63.
- Brodzinsky, D. M. (1985). On the relationship between cognitive styles and cognitive structures. In E. D. Neimark, R. D. De Livi, & J. L. Newman (Eds.), *Moderators of competence* (pp. 147-174). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Burtis, P. J. (1982). Capacity increase and chunking in the development of short term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 34, 387-413.
- Case, R. (1972). Validation of a neo-Piagetian mental capacity construct. *Journal of Experimental Child Psychology*, 14, 287-302.
- Case, R. (1973). Learning and development: A neo-Piagetian interpretation. *Human Development*, 15, 339-358.
- Case, R. (1974). Structures and strictures: Some functional limitations on the course of cognitive growth. *Cognitive Psychology*, 6, 544-573.
- Case, R. (1975). Gearing the demands of instruction to the developmental capacities of the learner. *Review of Educational Research*, 45, 59-87.
- Case, R. (1978). A developmentally based theory and technology of instruction. *Review of Educational Research*, 48, 439-463.
- Case, R. (1985). *Intellectual development: Birth to adulthood*. New York: Academic Press.
- Case, R., & Bereiter, C. (1984). From behaviorism to cognitive behaviorism to development: Steps in the evolution of instructional design. *Instructional Science*, 13, 141-158.
- Case, R., & Globerson, T. (1974). Field independence and central computing space. *Child Development*, 45, 772-778.
- Case, R., & Pascual-Leone, J. (1975). Failure of conservation training of disadvantaged black teenagers: A neo-Piagetian interpretation. *Perceptual and Motor Skills*, 40, 545-546.
- Chapman, M. (1981). Pascual-Leone's theory of constructive operators: An introduction. *Human Development*, 24, 145-155.
- Chi, M. T., & Rees, E. T. (1983). A learning framework for development. In M. T. Chi (Ed.), *Contributions to human development. 9: Trends in memory development* (pp. 71-107). New York: Karger.

- Dempster, F.N. (1978). Memory span and short term memory capacity: A developmental study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 26, 419-431.
- Dempster, F.N. (1981). Memory span: Sources of individual and developmental differences. *Psychological Bulletin*, 89, 63-100.
- de Ribeaupierre, A. (1983). Un modèle néo-Piagétien du développement: La théorie des opérateurs constructifs de Pascual-Leone. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3, 327-356.
- de Ribeaupierre, A., & Pascual-Leone, J. (1979). Formal operations and M power: A neo-Piagetian investigation. In D. Kuhn (Ed.), *Intellectual development beyond childhood* (pp. 1-43). San Francisco: Jossey Bass.
- de Ribeaupierre, A., & Pascual-Leone, J. (1984). Pour une intégration des méthodes en psychologie: Approches expérimentale, psycho-génétique et différentielle. *L'Année Psychologique*, 84, 227-250.
- Farnham-Diggory, S. (1972). *Information processing in children*. New York: Academic Press.
- Foorman, B. (1981). A neo-Piagetian analysis of four year olds' performance on Piaget's water-level task. *Perceptual and Motor Skills*, 52, 631-639.
- Gelman, R. (1969). Conservation acquisition: A problem of learning to attend to relevant attributes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 7, 167-187.
- Globerson, T. (1983). Mental capacity, mental effort and cognitive style. *Developmental Review*, 3, 292-302.
- Globerson, T., Weinstein, E., & Sharabany, R. (1985). Teasing out cognitive development from cognitive style: A training study. *Developmental Psychology*, 21, 682-691.
- Hagen, J.W. (1972). Strategies for remembering. In S. Farnham-Diggory (Ed.), *Information processing in children* (pp. 66-78). New York: Academic Press.
- Halford, G.S. (1982). *The development of thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hamilton, V., & Moss, M. (1974). A method for scaling conservation of quantity problems by information content. *Child Development*, 45, 737-745.
- Huteau, M. (1980). Dépendance - indépendance à l'égard du champ et développement de la pensée opératoire. *Archives de Psychologie*, 33, 477-514.
- Inhelder, B., Sinclair, H., & Bovet, M. (1974). *Apprentissage et structure de la connaissance*. Paris: Presses Universitaires de Paris.
- Johnson, I.M. (1972). *The figural intersection test (FIT): A measure of mental attentional energy*. Ongepubliceerd manuscript, York University, Toronto, Canada.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kail, R., & Bisanz, J. (1982). Information processing and cognitive development. In H.W. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 17, pp. 45-81). New York: Academic Press.
- Keats, J.A., Collis, K.F., & Halford, G.S. (1978). *Cognitive development: Research based on a neo-Piagetian approach*. New York: Wiley.
- Klahr, D. (1984). Transition processes in quantitative development. In R. Sternberg (Ed.), *Mechanisms of cognitive development* (pp. 121-140). New York: Academic Press.
- Klahr, D., & Wallace, J.C. (1972). Class inclusion processes. In S. Farnham-

- Diggory (Ed.), *Information processing in children* (pp. 144-170). New York: Academic Press.
- Klahr, D., & Wallace, J.C. (1976). *Cognitive development: An information processing view*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Klahr, D., & Wallace, J.C. (1973). The role of quantification operators in the development of conservation of quantity. *Cognitive Psychology*, 4, 301-327.
- Lawson, A.E. (1976). M space: Is it a constraint on conservation reasoning ability? *Journal of Experimental Child Psychology*, 22, 40-49.
- Lawson, A.E., & Nordland, F.A. (1975). Training and generalisation of conservation in disadvantaged black teenagers: A neo-Piagetian approach. *Perceptual and Motor Skills*, 40, 503-513.
- MacLaughlin, G.H. (1963). Psychologic: A possible alternative to Piaget's formulation. *British Journal of Educational Psychology*, 32, 61-67.
- May, R.B., & Norton, J.M. (1981). Training-task order and transfer in conservation. *Child Development*, 52, 904-913.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Minami, H. (1981). Developmental differences in distortion of visual pattern representation: Explanation and prediction by M space model. *Hiroshima Forum for Psychology*, 8, 91-103.
- Minami, H. (1981). Application of metasubjective analysis to visual pattern processing: A reply to dr. Pascual-Leone's commentary. *Hiroshima Forum for Psychology*, 8, 107-109.
- Morra, S. (1984). Classification in children: Two developmental information processing models. *International Journal of Behavioral Development*, 7, 1-20.
- Newell, A. & Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Pascual-Leone, J. (1969). *Cognitive development and cognitive style: A general psychological integration*. Ongepubliceerd doctoraat, Université de Genève.
- Pascual-Leone, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 32, 301-345.
- Pascual-Leone, J. (1973). *A theory of constructive operators: A neo-Piagetian model of conservation and the problem of horizontal decalages*. Ongepubliceerd manuscript, York University, Toronto, Canada.
- Pascual-Leone, J. (1978). Compounds, confounds and models in developmental information processing: A reply to Trabasso and Foellinger. *Journal of Experimental Child Psychology*, 26, 18-40.
- Pascual-Leone, J. (1980). Constructive problems for constructive theories: The current relevance of Piaget's work and a critique of information processing simulation psychology. In R. Kluwe & H. Spada (Eds.), *Developmental models of thinking* (pp. 263-293). New York: Academic Press.
- Pascual-Leone, J. (1981). M-capacity, the component analysis of visual patterns, and metasubjective analysis: A commentary to Mr. Minami's work. *Hiroshima Forum for Psychology*, 8, 104-106.
- Pascual-Leone, J. (1984). Attentional, dialectic and mental effort: Toward an organismic theory of the life stages. In M.L. Commons, F.A. Richards, &

- C. Ammon (Eds.), *Beyond formal operations* (pp. 183-215). New York: Praeger Press.
- Pascual-Leone, J., & Bovet, M. C. (1966). L'apprentissage de la quantification de l'inclusion et la théorie opératoire. *Acta Psychologica*, 25, 334-356.
- Pascual-Leone, J., Goodman, D., Ammon, P., & Subelman, I. (1980). Piagetian theory and neo-Piagetian analysis as psychological guides in education. In J. M. Gallagher & J. A. Easley (Eds.), *Knowledge and development* (Vol. 2, pp. 243-286). New York: Plenum Press.
- Pascual-Leone, J., & Smith, J. (1969). The encoding and decoding of symbols in children: A new experimental paradigm and a neo-Piagetian model. *Journal of Experimental Child Psychology*, 8, 328-355.
- Pascual-Leone, J., & Sparkman, E. (1980). The dialectics of empiricism and rationalism: A last methodological reply to Trabasso. *Journal of Experimental Child Psychology*, 29, 88-101.
- Posner, M. I., & MacLeod, P. (1982). Information processing models: In search of elementary operations. *Annual Review of Psychology*, 33, 477-574.
- Sampsel, B. D., Widaman, K. F., & Winer, G. A. (1981). Relation in children of psychological differentiation and reasoning by class inclusion. *Perceptual and Motor Skills*, 53, 439-445.
- Scardamalia, M. (1977). Information processing capacity and the problem of horizontal decalage: A demonstration using combinatorial reasoning tasks. *Child Development*, 48, 28-37.
- Siegler, R. S. (1976). Three aspects of cognitive development. *Cognitive Psychology*, 4, 481-520.
- Siegler, R. S. (1978). The origins of scientific reasoning. In R. S. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* (pp. 109-158). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Siegler, R. S. (1983). Information processing approaches to cognitive development. In P. H. Mussen (Series Ed.) & W. Kessen (Vol. Ed.), *Handbook of child psychology: History, theory and methods* (pp. 129-202). New York: Academic Press.
- Simon, H. (1972). On the development of the processor. In S. Farnham-Diggory (Ed.), *Information processing in children* (pp. 3-22). New York: Academic Press.
- Sternberg, R. J., & Powell, J. S. (1983). The development of intelligence. In J. H. Flavell & E. M. Markman (Vol. Eds.) & P. H. Mussen (Series Ed.), *Handbook of child psychology: Cognitive development* (pp. 341-419). New York: Wiley.
- Todor, J. I. (1979). Developmental differences in motor task integration: A test of Pascual-Leone's theory of constructive operators. *Journal of Experimental Child Psychology*, 28, 314-322.
- Toussaint, N. A. (1974). An analysis of synchrony between concrete-operational tasks in terms of structural and performance demands. *Child Development*, 45, 992-1001.
- Trabasso, T., & Foellinger, D. B. (1978). Information processing in children: A test of Pascual-Leone's model. *Journal of Experimental Child Psychology*, 26, 1-17.
- Vuyk, R. (1981). *Overview and critique of Piaget's genetic epistemology 1965-1980*. New York: Academic Press.

- Witkin, H. A., Dyk, R. B., Faterson, H. F., Goodenough, D. R., & Karp, S. A. (1962). *Psychological differentiation*. New York: Wiley.
- Zimmermann, B. J., & Whitehurst, G. J. (1979). Structure and function: A comparison of two views of the development of language and cognition. In G. J. Whitehurst & B. J. Zimmerman (Eds.), *The functions of language and cognition* (pp. 1-20). New York: Academic Press.

Tiensestraat 102
3000 Leuven

Received June 1987