

# Keuze en ontwikkeling van aanvankelijke rekenstrategieën: inleiding tot het themanummer

L. Verschaffel en W. Ruijsenaars

## 1 Inleiding

Dit themanummer bevat vijf rapportages van recent Nederlands en Vlaams onderzoek naar de variatie in en de ontwikkeling van aanvankelijke rekenstrategieën, in relatie tot de rekenprestaties. De drie Nederlandse bijdragen zijn afkomstig uit het lopende NWO-aandachtsgebied "Optimalisering van onderwijsleerprocessen bij de verwerving van rekenkennis", de twee Vlaamse bijdragen uit een Vlaams F.W.O.-project omtrent "de ontwikkeling van strategieën voor (schattend) rekenen".

In elk van de bijdragen wordt verwezen naar het theoretisch kader van Siegler, zoals uitgewerkt in zijn 'model of strategic change' (Siegler, 1987, 1991, 1996; zie ook Lemaire & Siegler, 1995; Shrager & Siegler, 1998; Siegler & Jenkins, 1989; Siegler & Lemaire, 1997). Aangezien het model ook in andere, recente onderzoeksliteratuur over rekenstrategieën een belangrijke plaats inneemt, lichten we het in de eerste paragraaf van deze inleiding kort toe. We staan speciaal stil bij die parameter uit het model die in de meeste bijdragen centraal staat, namelijk de *flexibiliteit* of *adaptiviteit* van de strategiekeuze.

Flexibiliteit of adaptiviteit is een theoretisch belangrijke notie. Bovendien is het een aspect van rekenvaardigheid waarnaar veel aandacht uitgaat bij de vernieuwing van het wiskundeonderwijs in de Nederlandse en Vlaamse basisscholen. Om die reden bekijken we in een tweede paragraaf deze parameter vanuit vakdidactisch perspectief. Rekening houdend met het feit dat in de meeste studies (ook) kinderen van het speciaal (Nederland) of buitengewoon onderwijs (Vlaanderen) betrokken zijn, komt daarbij de vraag aan bod of flexibiliteit of adaptiviteit in strategiegebruik ook voor kinderen met lichte of ernstiger leerproblemen een wenselijk aandachtspunt is.

In een derde en laatste paragraaf worden de vijf empirische bijdragen tot dit themanummer kort ingeleid.

We besluiten dit themanummer met een discussiebijdrage van Seegers, Vermeer en Beishuizen. Meindert Beishuizen, die zijn universitaire loopbaan onlangs heeft afgesloten, speelde in ons taalgebied de afgelopen twintig jaar een belangrijke rol in het onderzoek naar de ontwikkeling van elementaire rekenstrategieën. De laatste jaren genoot zijn onderzoek ook internationaal ruime verspreiding en erkenning. Het kenmerkt zich door een verregaande integratie van de onderwijs-/ontwikkelingspsychologische en de vakdidactische benadering van het wiskundeleren en -onderwijzen. We dragen dit themanummer op aan Meindert Beishuizen als blijk van waardering voor zijn aanzienlijke bijdrage aan dit onderzoeksdomein.

## 2 Theoretische en methodologische bijdrage van Siegler

In de internationale onderzoeksliteratuur rond de ontwikkeling van oplossingsstrategieën speelt het werk van de Pittsburghse psycholoog R.S. Siegler een toonaangevende rol. Als exponent van de (klassieke) informatieverwerkingsbenadering stelt Siegler (1987, 1991, 1996; zie ook Lemaire & Siegler, 1995; Shrager & Siegler, 1998; Siegler & Jenkins, 1989; Siegler & Lemaire, 1997) het ontrafelen van de cognitieve ontwikkeling gelijk met het in kaart brengen van de verschillende strategieën die mensen hanteren bij het oplossen van cognitieve taken, de manier waarop ze een keuze maken uit deze strategieën, en de evolutie die zich daarin voordoet.

Een belangrijk onderscheid in het werk van Siegler is dat tussen 'back-up'- en 'retrieval'-strategieën. 'Back-up'-strategieën omschrijft Siegler als tijdconsumerende strategieën die nodig zijn in gevallen dat de gevraagde kennis en vaardigheden niet of onvoldoende automatisch ter beschikking zijn. De uitvoeringsduur is in zulke situaties sterk

afhankelijk van de kenmerken van het aangeboden item (bijvoorbeeld: 2+6 op de vingers tellend oplossen als '1, 2 ...3, 4, 5, 6, 7, 8' vraagt meer tijd dan het op dezelfde wijze uittellen van 2+4). 'Retrieval' komt neer op het snel ophalen van (bijna) geautomatiseerde kennis uit het langetermijngeheugen. De duur van uitvoering van een 'retrieval'-strategie wordt in veel mindere mate bepaald door de kenmerken van het aangeboden item dan bij een 'back-up'-strategie. Bijvoorbeeld: als sommen zonder overschrijding van het eerste tiental eenmaal zijn geautomatiseerd, is de oplostijd voor 2+6 nagenoeg identiek aan die voor 2+4.

De evolutie die plaatsvindt in het gebruiken van en kiezen tussen deze twee typen strategieën kan volgens Siegler worden beschreven met behulp van de metafoor van de 'overlapping waves'. De cognitieve ontwikkeling verloopt, aldus Siegler, niet volgens een vast stramen van opeenvolgende fasen, waarin men telkens een beroep doet op één welbepaalde strategie, maar veeleer gradueel, met in elke fase een grote variatie in strategiegebruik.

In zijn 'model of strategic change' is sprake van vier parameters. De eerste parameter betreft het *repertoire* aan beschikbare strategieën. De tweede verwijst naar de relatieve *frequentie* waarmee de verschillende strategieën worden toegepast gedurende de taakuitvoering. De *snelheid* en *accuratesse* waarmee elk van deze strategieën wordt uitgevoerd, vormt de derde parameter. De vierde parameter, ten slotte, betreft de mate van *flexibiliteit* of *adaptiviteit* van de strategiekeuze. Veranderingen in strategiegebruik kunnen volgens Siegler worden omschreven in termen van het verwerven van nieuwe en het laten vallen van oude strategieën (parameter 1), veranderingen in de frequentie van het gebruik van de diverse beschikbare strategieën (parameter 2), wijzigingen in de snelheid en accuratesse van strategie-uitvoering (parameter 3), en/of veranderingen in de mate van adaptiviteit van strategiekeuze (parameter 4).

Siegler noemt een strategiekeuze adaptief indien het subject inspeelt op zowel de kenmerken van het aangeboden item (met name de moeilijkheidsgraad) als de eisen die opge-

legd worden door de situatie waarin het item moet worden opgelost (bijvoorbeeld de mate van cognitieve belasting gedurende de taakuitvoering, de precieze taakinstructies, etc.). Op basis van uitgebreide observaties en de resultaten van tal van empirische studies heeft Siegler (1996; zie ook Shrager & Siegler, 1998) verschillende (computer)modellen opgesteld die een fijnmazige beschrijving geven van de structuren en processen die een rol spelen bij het maken van een adaptieve strategiekeuze in een gegeven taakgebied.

Hoewel Siegler's bijdrage tot de recente theorievorming omtrent de keuze en ontwikkeling van strategieën onmiskenbaar is, valt er ook de nodige kritiek te geven op het 'model of strategic change' en op de daaraan ten grondslag liggende veronderstellingen. Voor een uitvoerige kritische bespreking van Siegler's theorie verwijzen we naar Torbeyns, Verschaffel en Ghesquière (2001), evenals naar de discussiebijdrage van Seegers, Vermeer en Beishuizen aan dit themanummer.

Empirisch onderzoek naar de ontwikkeling van cognitieve strategieën is verre van eenvoudig. Vanuit methodologisch oogpunt stelt Siegler (1987, 1991, 1996) het gebruik voor van de volgende drie werkwijzen: (1) de microgenetische methode, (2) de 'choice/no-choice'-methode en (3) triangulatie. Kenmerkend voor de *microgenetische methode* is het streven om de cognitieve ontwikkeling zo nauwkeurig mogelijk in kaart te brengen door een frequente data-analyse bij de subjecten en een analyse van deze data op individueel niveau (in plaats van deze data meteen te aggregeren over subjecten heen). Het gebruik van de 'choice/no-choice'-methode komt in essentie neer op het aanbieden van items in twee verschillende (soorten) condities: een vrije-keuze ('choice')-conditie, waarin de subjecten de aangeboden items zo snel en accuraat mogelijk moeten oplossen met behulp van die strategie die hen het meest geschikt lijkt en een of meerdere geen-keuze ('no choice')-condities, waarin de subjecten verplicht dezelfde items moeten oplossen via een opgelegde strategie. Door confrontatie van de resultaten uit de twee typen condities, krijgt men zicht op de mate van adaptiviteit van de strategiekeuzen in de vrije-keuzeconditie, oftewel: op de mate

waarin het subject in deze conditie steeds de strategie kiest die voor hem het meest efficiënt is. *Triangulatie* ten slotte, houdt in dat strategie-identificatie geschiedt op basis van een combinatie en confrontatie van data verkregen via diverse onderzoekstechnieken (bijvoorbeeld: observatie, hardop denken en reactietijdmeting). Voor een kritische bespreking van deze methodologische principes verwijzen we eveneens naar het artikel van Torbeyns e.a. (2001).

### 3 Belang van variatie en flexibiliteit in strategiegebruik in het gewoon en het speciaal of buitengewoon rekenonderwijs

Het wiskundeonderwijs heeft in de loop van de voorbije decennia zowel internationaal (Verschaffel & De Corte, 1996) als in ons taalgebied (Treffers, De Moor & Feijs, 1989; Verschaffel, 1995) een ingrijpende ontwikkeling doorgemaakt. Hoewel deze ontwikkeling in Nederland en Vlaanderen nogal verschillend is verlopen en er ook op dit moment nog duidelijke accentverschillen zijn in visie op en aanpak van het elementair wiskundeonderwijs (Feys & Van Biervliet, 2000; Verschaffel, 1995), kan in het algemeen gesteld worden dat in beide landen meer dan voorheen de nadruk gelegd wordt op betekenisvol, procesgericht, constructief, interactief, reflectief en toepassingsgericht wiskundeonderwijs. Waar vroeger vaak bewust en systematisch aangestuurd werd op het toepassen van een uniforme oplossingsmethode door alle leerlingen, worden leerlingen in het huidige wiskundeonderwijs meer uitgenodigd en gestimuleerd om zelf actief op zoek te gaan naar verschillende oplossingsmethoden, om de waarde van deze verschillende methoden met elkaar te bespreken, om flexibel gebruik te maken van deze variatie in strategieën, etcetera. Kortom: inzichtelijk, adaptief en reflectief strategiegebruik is een belangrijke doelstelling geworden van het wiskundeonderwijs op de basisschool.

De zich wijzigende didactische oriëntatie gaat echter zowel in Nederland als in Vlaanderen gepaard met een discussie over de vraag of de uitgangspunten van deze vernieu-

wing - en met name het grote vertrouwen op de natuurlijke constructies en inventies van leerlingen, het schenken van vrijheid bij het kiezen en gebruiken van strategieën, en het aansturen op adaptief en reflectief strategiegebruik - ook haalbaar en wenselijk is voor kinderen met leerproblemen. Met name in Nederland is hierover hevig gediscussieerd door vertegenwoordigers van de realistische school aan de ene kant en orthodidactici aan de andere kant (zie bijv. Danhof, 1993; Van Luit, 1988; Van den Heuvel-Panhuizen, 1986). Een belangrijk element in dit debat is de vraag of kinderen met bijzonder hardnekkige leerproblemen (of: leerstoornissen) een aantal typische cognitieve kenmerken hebben waardoor de genoemde uitgangspunten voor hen wellicht minder toepasselijk zijn.

In dit verband wordt bijvoorbeeld in de literatuur over kinderen met leerstoornissen vaak verwezen naar de automatisering die bij deze kinderen zeer moeizaam of niet tot stand komt (vgl. Van der Heijden, 1996; Ruijssenaars, 1994, 2001). Het belang van dit thema is uiteraard, dat in het geval van niet-geautomatiseerde basiskennis leerlingen als het ware gedwongen zijn tijdconsumerende strategieën te gebruiken die weer een extra belasting betekenen voor bijvoorbeeld hun kortetermijngeheugen en aandacht. Bovendien is niet-geautomatiseerde kennis gevoelig voor interferentie door het niet snel genoeg kunnen scheiden van relevante en niet-relevante informatie. Het (impliciet) profiteren van vrije situaties zou daardoor belemmerd kunnen worden. Recent empirisch onderzoek geeft steun aan deze veronderstellingen (Geary, Hoard & Hamson, 1999; Geary, Hamson & Hoard, 2000; Leong & Jerred, 2001; Miles, Haslum & Wheeler, 2001). Voor een (ortho)didactische aanpak van deze problemen wordt daarom veelal gepleit voor het bieden van structuur, houvast en zekerheid. De nadruk ligt dan bijvoorbeeld op het expliciet volgen van een stap-voor-stap werkwijze (Montague, 1997), het duidelijk scheiden van relevante en irrelevante gegevens (Goldman, Hasselbring & The Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1997), het reduceren van redundantie (Leong & Jerred, 2001), het compenseren van een zwak kortetermijngeheugen door ge-

bruik van concreet materiaal (Miles, 1993) en het bieden van meer oefening (Nicolson & Fawcett, 1990). Overigens betekent een afstemming op dergelijke individugebonden factoren niet dat realistische contexten of meervoudige representaties onbruikbaar zouden zijn (Goldman et al., 1997), maar geeft het vooral aan dat bij het vormgeven van interventies aan kinderen met (hardnekkige) leerproblemen het verstoorde individuele leerproces als startpunt geldt en niet de didactische “school” (Ghesquière, Ruijsse-naars, Grietens & Luyckx, 1996; Ruijsse-naars, 2001).

#### 4 Overzicht van het themanummer

De vijf empirische bijdragen aan het themanummer hebben allemaal betrekking op theoretische, methodologische en/of onderwijspraktische vragen in verband met de keuze en ontwikkeling van elementaire rekenstrategieën in relatie tot de rekenvaardigheid.

Het onderzoek van Torbeyns, Verschaffel en Ghesquière had tot doel de strategieën die jonge kinderen hanteren bij optellingen met tientalpassering, en de frequentie, efficiëntie en adaptiviteit waarmee ze deze strategieën uitvoeren, in kaart te brengen met behulp van de bovengenoemde ‘choice/no-choice’-methode. De resultaten laten zien dat 6-7-jarigen adaptief gebruik maken van diverse strategieën en dat ze deze strategieën niet even frequent en efficiënt uitvoeren. Verder blijkt dat kinderen van verschillend niveau dezelfde strategieën gebruiken en deze ook even efficiënt uitvoeren, maar verschillen in de frequentie en de adaptiviteit waarmee de strategieën worden toegepast. Vanuit methodologisch opzicht gaan de auteurs in op de waarde van de ‘choice/no-choice’-methode om de adaptiviteit van strategiekeuzen te bepalen.

Het doel van Van Lieshout en Meijers was uit te zoeken of hoogbegaafde leerlingen kwalitatief verschillen van leerlingen met leerproblemen in de keuze van strategieën waarmee zij optel- en aftrekgaven tot 100 uit het hoofd oplossen. Een groep hoogbegaafde basisschoolleerlingen werd op algemene rekenkennis gematched met een groep

(oudere) leerlingen uit het speciaal onderwijs. De kinderen kregen tempotoetsen en ook een strategietoets. De hoogbegaafde leerlingen bleken vaker handige strategieën te hanteren, terwijl de kinderen met leerproblemen efficiënter waren in het beantwoorden van gemakkelijke opgaven.

In de twee daaropvolgende onderzoeken staat de vraag centraal naar de waarde van een deelleergang die recht doet aan de eigen inbreng van rekenzwakke kinderen of kinderen met leermoeilijkheden. De resultaten van beide studies werpen licht op de mogelijkheden om aan te sluiten bij de eigen strategieën van leerlingen met rekenproblemen.

Milo en Ruijsse-naars spitsen deze vraag toe op het optellen en aftrekken tot 100. Om deze vraag te beantwoorden werden 70 LOM- en MLK-leerlingen gedurende een half jaar in groepjes begeleid, waarbij ofwel werd aangesloten bij door leerlingen ingebrachte strategieën, ofwel één strategie (de rijgstrategie of de splitsstrategie) werd aangeleerd en toegepast. Resultaten laten zien dat de leerlingen die begeleid zijn volgens de rijgstrategie op de prestatietoets de meeste vooruitgang vertonen, waarbij geen verschil blijkt tussen de zogenaamde LOM- en MLK-leerlingen, een typering die is gerelateerd aan het (respectievelijk hogere en lagere) IQ. Wanneer echter gekeken wordt naar het gebruik en de efficiëntie van oplossingsstrategieën, dan is het opmerkelijk dat alleen in de LOM-groep kinderen tot adaptief strategiegebruik overgaan, ook al hebben ze instructie in slechts één strategie gehad. Een algemene conclusie is dat flexibele leerlingen ook de beste prestaties leveren.

De bijdrage van Kroesbergen en Van Luit beschrijft de resultaten van een interventiestudie naar het leren vermenigvuldigen van kinderen met rekenproblemen. Leerlingen uit scholen voor regulier en speciaal basisonderwijs kregen gedurende verscheidene maanden instructie op het gebied van vermenigvuldigen, waarbij de nadruk lag op het strategiegebruik. De helft van deze groep kreeg een interventie waarin directe instructie werd gegeven, de andere helft een interventie waarbij er veel ruimte was voor eigen inbreng van de leerlingen. Daarnaast was er ook nog een controlegroep. De onderzoekers

constateerden een vooruitgang zowel in prestatie als in strategiegebruik tussen de voor- en nameting. In de nameting vertoonden de kinderen een groter repertoire aan strategieën, gebruikten ze meer adequate strategieën, en werden de strategieën efficiënter gebruikt. Er waren echter verrassend weinig verschillen tussen de (experimentele) groepen.

In hun voorgaande studies lieten Luwel, Verschaffel, Onghena en De Corte (2001) zien dat mensen verscheidene strategieën gebruiken om aantallen blokjes te bepalen die worden aangeboden in een vierkant rooster. Een van deze strategieën is de handige aftrekstrategie, waarbij het aantal lege vakjes in het rooster wordt afgetrokken van het totaal aantal vakjes in het rooster. In hun bijdrage aan dit themanummer rapporteren ze een vervolgstudie waarin de adaptiviteit in het strategiegebruik onderzocht werd in functie van de diversiteit in roostergroottes. Verschillende soorten complementaire data wezen uit, dat deze taakvariabele inderdaad een grote invloed had op de frequentie, de uitvoeringsduur en de accuratesse waarmee de aftrekstrategie werd toegepast.

## Literatuur

Danhof, W. (1993). Automatiseren = leren onthouden. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, 32, 492-508.

Feys, R., & Biervliet, P. van (2000). Realistisch wiskundeonderwijs: lager peil en constructivisme. *Onderwijskrant*, 113, 37-47.

Geary, D.C., Hamson, C.O., & Hoard, M.K. (2000). Numerical and arithmetic cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 236-263.

Geary, D.C., Hoard, M.K., & Hamson, C.O. (1999). Numerical and arithmetic cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 213-239.

Ghesquière, P., Ruijsenaars, A.J.J.M., Grietens, H., & Luyckx, E. (1996). Een orthodidactische aanpak van rekenproblemen bij rekenzwakke leerlingen in het regulier basisonderwijs. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, 35, 243-259.

Goldman, S.R., & Hasselbring, T.S., & the Cognition

and Technology Group at Vanderbilt (1997). Achieving meaningful mathematics literacy for students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 30, 198-208.

Heuvel-Panhuizen, M. van (1986). Het rekenonderwijs op de LOM-school opnieuw ter discussie. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, 25 (3), 137-145.

Heijden, M.K. van der (1996). Automaticiteit bij rekenproblemen: leerproces, emoties en hersenactiviteit. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, 35, 260-274.

Lemaire, P., & Siegler, R.S. (1995). Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(1), 83-97.

Leong, C.K., & Jerred, W.D. (2001). Effects of consistency and adequacy of language information on understanding elementary mathematics word problems. *Annals of Dyslexia*, 51, 277-298.

Luit, H. van (1988). Realistisch reken/wiskundeonderwijs in het speciaal onderwijs? *School & Begeleiding*, 15(3), 15-18.

Luwel, K., Verschaffel, L., Onghena, P., & De Corte, E. (2001). Ontwikkeling van strategieën van kinderen voor het bepalen van hoeveelheden in verschillende roostergroottes. *Pedagogische Studiën*, 78, 25-36.

Miles, T.R. (1993). *Dyslexia: The pattern of difficulties* (2<sup>nd</sup> ed.). London: Whurr.

Miles, T.R., Haslum, M.N., & Wheeler, T.J. (2001). The Mathematics Abilities of Dyslexic 10-Year-Olds. *Annals of Dyslexia*, 51, 299-318.

Montague, M. (1997). Cognitive strategy instruction in mathematics for students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 30, 164-177.

Nicolson, R.I., & Fawcett, A.J. (1990). Automaticity: A new framework for dyslexia research. *Cognition*, 35, 158-182.

Ruijsenaars, A.J.J.M. (1994). Speciaal rekenen. Hoe irrealistisch is een orthopedagogische-didactische benadering? In M. Dolk, H. van Luit, & E. te Woerd (Reds.), *Speciaal Rekenen* (pp. 29-41). Utrecht: Freudenthal Instituut.

Ruijsenaars, A.J.J.M. (2001). *Leerproblemen en Leerstoornissen. Remedial teaching en behandelings*. Rotterdam: Lemniscaat.

Shrager, J., & Siegler, R.S. (1998). SCADS: A model of children's strategy choices and strategy discoveries. *Psychological Sciences*, 9(5), 405-410.

Siegler, R.S. (1987). The perils of averaging data

- over strategies: An example from children's addition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116(3), 250-264.
- Siegler, R.S. (1991). Strategy choice and strategy discovery. *Learning and Instruction*, 1, 89-102.
- Siegler, R.S. (1996). *Emerging minds*. New York: Oxford University Press.
- Siegler, R.S., & Jenkins, E.A. (1989). *How children discover new strategies*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Siegler, R.S., & Lemaire, P. (1997). Older and younger adults' strategy choices in multiplication: Testing predictions of ASCM using the choice/no-choice method. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(1), 71-92.
- Torbeyns, J., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2001). Strategieontwikkeling en strategiekeuze bij cognitieve taken: een kritische analyse van Siegler's theorie van 'strategic change'. *Pedagogisch Tijdschrift*, 26, 113-142.
- Treffers, A., De Moor, E., & Feijs, E. (1989). *Proeve van een nationaal programma voor het reken/wiskundeonderwijs op de basisschool. Deel 1. Overzicht leerdoelen*. Tilburg: Zwijzen.
- Verschaffel, L. (1995). Ontwikkelingen in de opvattingen over en de praktijk van het reken/wiskundeonderwijs op de basisschool. In: L. Verschaffel, & E. De Corte (Red.), *Naar een nieuwe reken/wiskundendidactiek voor de basisschool en de basiseducatie. Deel 1. Achtergronden* (pp. 95-128). Brussel: Studiecentrum voor Open Hoger Afstandsonderwijs (StOHO).
- Verschaffel, L., & De Corte, E. (1996). Number and arithmetic. In A. Bishop, K. Clements, C. Keitel, & C. Laborde (Eds), *International handbook of mathematics education. Part I* (pp. 99-138). Dordrecht: Kluwer.

Manuscript aanvaard: 30 november 2001

## Auteurs

**Lieven Verschaffel** is als hoogleraar verbonden aan het departement Pedagogische Wetenschappen van de Katholieke Universiteit Leuven.

**Wied Ruijsenaars** is als hoogleraar verbonden aan de afdeling Orthopedagogiek van de Universiteit Leiden.

*Correspondentieadres:* L. Verschaffel, Centrum voor Instructiepsychologie en -Technologie, Departement Pedagogische Wetenschappen, Katholieke Universiteit Leuven, Vesaliusstraat 2, B-3000 Leuven, e-mail: lieven.verschaffel@ped.kuleuven.ac.be