

Vrije Universiteit Brussel  
Faculteit voor Psychologie en Educatiewetenschappen  
Academiejaar 2003-2004

Het leren van locatiesequenties met verschillende  
discriminabiliteit en compatibiliteit

**Kathleen Maetens**

Eindverhandeling ingediend tot het behalen van de graad van Licentiaat in de  
Psychologie, richting Klinische Psychologie

14 517 woorden

Promotor: Prof. Dr. E. Soetens

# Inhoudstafel

---

<b>1. Inleiding.....</b>	<b>2</b>
1.1 Probleemstelling .....	2
1.2 Structuur.....	4
1.3 Impliciet leren.....	5
1.3.1 Impliciet versus expliciet leren.....	5
1.3.2 Impliciete leerparadigma's.....	5
1.4 Studie van het leren van sequenties .....	6
1.4.1 Seriële reactietijd taak.....	6
1.4.2 Het gebruik van transfertaken .....	7
1.5 De lokalisatie van (impliciet) sequentieel leren.....	8
1.5.1 Inleiding.....	8
1.5.2 Motorisch leren.....	9
1.5.3 Perceptueel leren .....	11
1.5.4 Sequentieel leren: noch zuiver perceptueel, noch zuiver motorisch.....	13
1.5.4.1 <i>Respons-effect leren</i> .....	13
1.5.4.2 <i>Perceptueel en motorisch leren</i> .....	15
1.5.4.3 <i>Sequentieel leren en effector-onafhankelijkheid</i> .....	15
1.6 Stadia in het informatieverwerkingsproces .....	17
1.6.1 Inleiding.....	17
1.6.2 Additieve Factoren Methode .....	17
1.6.3 Stimulusidentificatie en responsselectie.....	19
1.6.3.1 <i>Stimulusidentificatie</i> .....	19
1.6.3.2 <i>Responsselectie</i> .....	19
1.7 Sequentieel leren en responsselectie .....	21
1.8 Doelstelling en hypothesen .....	22
<b>2. Onderzoeksopzet .....</b>	<b>24</b>
2.1 Proefpersonen en ethiek .....	24
2.2 Apparatuur en stimulusmateriaal.....	24
2.3 Procedure.....	25
2.4 Proefopzet .....	27
<b>3. Resultaten.....</b>	<b>29</b>
3.1 Responsnauwkeurigheid .....	29
3.2 Reactietijden.....	31
<b>4. Bespreking.....</b>	<b>34</b>
4.1 Sequentieel leren en S-R compatibiliteit .....	34
4.1.1 Verklaring van het leereffect volgens de AFM-logica .....	34
4.1.2 Betrokkenheid van responsselectie bij sequentieel leren?.....	35
4.1.3 De invloed van S-R compatibiliteit.....	36
4.2 Sequentieel leren en S-discriminabiliteit.....	37
4.2.1 Verklaring van het leereffect volgens de AFM-logica .....	37
4.2.2 Betrokkenheid van perceptuele processen bij sequentieel leren? .....	38
4.2.3 Alternatieve verklaringen.....	39
4.2.3.1 <i>Invloed van S-R compatibiliteit op de indiscriminabele conditie</i> .....	39
4.2.3.2 <i>De locatie in spatiële SRT-taken</i> .....	41
4.2.3.3 <i>Algemene moeilijkheidsgraad</i> .....	42
4.3 Besluit .....	43
<b>Referenties.....</b>	<b>44</b>
<b>Bijlagen .....</b>	<b>49</b>

# 1. Inleiding

---

## 1.1 Probleemstelling

Het doel van deze verhandeling is een bijdrage te leveren tot het begrijpen van de mechanismen die aan de basis liggen van impliciet leren. In het bijzonder wordt nagegaan wat er geleerd wordt wanneer sequentieel leren optreedt en ter hoogte van welk stadium in de informatieverwerking dit leren plaatsvindt. We onderzoeken of sequentieel leren beïnvloed wordt door perceptuele of door responsgerelateerde processen op basis van de additieve factoren logica van Sternberg (1969). Door de manipulatie van de stimulus (S) discriminabiliteit en de stimulus-respons (S-R) compatibiliteit in een seriële reactietijd (SRT) taak gaan we na wat juist de betrokkenheid is van stimulusidentificatie en responsselectie bij sequentieel leren.

Onderzoek naar de manier waarop kennisverwerving verloopt, maakt een onderscheid tussen impliciet en expliciet leren. De term 'impliciet leren' werd voor het eerst geïntroduceerd door Reber (1967) en kan omschreven worden als een vorm van niet-verbaliseerbare kennisverwerving die optreedt zonder dat er een intentie is om te leren. Expliciet leren onderscheidt zich van impliciet leren in die zin dat daar wel de intentie aanwezig is om te leren en dat er gebruik gemaakt wordt van verschillende strategieën. Hoewel over het onderscheid tussen impliciet en expliciet leren nog steeds grote controverse bestaat (Shanks & St. John, 1994; Frensch, Kray, & Buchner, 2000), bieden verscheidene leerparadigma's evidentie voor het onderscheid tussen beide vormen van leren. Het onderzoek bij amnestische patiënten is zeer waardevol in de studie naar impliciet leren. Amnesiepatiënten zijn in staat kennis te verwerven tijdens het uitvoeren van een taak, zonder zich hiervan bewust te zijn. Aangezien hier sprake is van leren zonder de aanwezigheid van expliciete kennis, wijst dit op het bestaan van impliciet leren. Aan de hand van neurologische beeldvorming bij deze patiënten kunnen onderzoekers meer informatie verzamelen over welke regio's in de hersenen juist betrokken zijn bij impliciet leren, waardoor ze zich niet uitsluitend moeten beroepen op de resultaten van het leerproces alleen.

Het leerparadigma dat het meest frequent gebruikt wordt bij het bestuderen van impliciet leren is de SRT-taak. Bij deze taak, die voor het eerst gebruikt werd door Nissen en Bullemer (1987), worden visuele stimuli volgens een gestructureerde sequentie aangeboden op

verschillende locaties op het computerscherm. Als er bijvoorbeeld vier stimuluslocaties zijn, genummerd van één tot vier van links naar rechts, kan de stimulusvolgorde als volgt zijn: 4, 2, 3, 1, 3, 2, 4, 3, 2, 1. Deze gestructureerde sequentie wordt voortdurend herhaald. De proefpersonen krijgen de instructie zo snel en nauwkeurig mogelijk te reageren op de stimuluslocaties door gebruik te maken van spatieel overeenstemmende responsleutels op het toetsenbord. Uit de reactietijdcurve blijkt dat de proefpersonen sneller reageren op stimuli die aangeboden worden volgens een vaste sequentie dan op stimuli die elkaar willekeurig opvolgen. Om aan te tonen dat deze reactietijddaling veroorzaakt wordt door kennis van de sequentie en niet door algemene oefeneffecten, wordt onverwacht een random blok aangeboden. Daar dit leidt tot een sterke reactietijdstijging, wordt dit geïnterpreteerd als een aanwijzing voor het impliciet leren van sequentiële informatie (Stadler, 1989; Willingham, Nissen, & Bullemer, 1989).

Tot op heden bestaat er nog steeds geen sluitende ondersteuning of het leren van sequentieel materiaal responsgestuurd, stimulusgestuurd of een combinatie van beiden is. Tevens is er geen eenduidigheid over welke informatieverwerkingsprocessen betrokken zijn bij het leren van sequenties. Om de betrokkenheid van de informatieverwerkingsprocessen na te gaan bij sequentieel leren, baseren wij ons op de Additieve Factoren Methode (AFM) van Sternberg (1969). Hij gaat er van uit dat informatieverwerking bestaat uit een set van serieel geordende, onafhankelijke processen. Dit houdt in dat de informatie van een stimulus volledig verwerkt moet zijn door één bepaald stadium opdat aan de verwerking door een volgend stadium begonnen kan worden. Deze AFM stelt dat twee variabelen interactief zijn als ze minstens één gemeenschappelijk stadium beïnvloeden. Twee variabelen zijn additief als ze verschillende verwerkingsstadia in het reactietijdproces beïnvloeden. Dit betekent dat beide variabelen een onafhankelijke bijdrage leveren aan de reactietijd. S-discriminatie en S-R compatibiliteit zijn twee variabelen waarvan aangetoond werd dat ze elk een selectieve invloed uitoefenen op respectievelijk het stimulusidentificatie- en het responsselectie-stadium. Er werden echter verschillende kritieken geformuleerd op de AFM. Zo stelt men onder andere dat de verschillende stadia niet onafhankelijk zijn omdat de kwaliteit van het tweede stadium zal veranderen als deze van het eerste stadium verandert. Eveneens wordt er geen strategische invloed voorzien in het model en blijkt dat twee variabelen eenzelfde stadium kunnen beïnvloeden en tegelijk additief zijn. Ondanks deze kritieken toonde Sternberg aan dat door middel van het principe van interactie en additiviteit in een reactietijd-taak nagegaan kan

worden welke stadia in de informatieverwerking beïnvloed worden door een bepaalde variabele.

Uit vroeger onderzoek bestaat er een sterk vermoeden dat responsselectie betrokken is bij impliciet leren (o.a. Soetens, Boer, & Huetting, 1985). Hierbij aansluitend concentreren wij ons in deze studie op de betrokkenheid van het stimulusidentificatie- en het responsselectie-stadium bij sequentieel leren. Hiervoor manipuleren we enerzijds de S-discriminabiliteit en anderzijds de S-R compatibiliteit in een SRT-taak. De resultaten van beide condities worden vergeleken met die van de controle conditie. Als responsselectie een belangrijke invloed uitoefent op het leren van sequenties, dan zou er een groter leereffect moeten zijn in de S-R incompatibele conditie dan in de compatibele controle conditie. Anderzijds zou het beïnvloeden van de discriminabiliteit geen invloed mogen hebben op het leereffect omdat dit een effect heeft op de stimulusidentificatie en niet op de responsselectie. Het leereffect in de S-indiscriminabele conditie zou dus niet mogen verschillen van dat in de controle conditie. Indien onze resultaten deze veronderstellingen bevestigen, kunnen we volgens het principe van additiviteit en interactie van de AFM besluiten dat de responsselectie betrokken is bij het leren van sequenties, omdat er een interactie optreedt tussen het leereffect en de compatibiliteit en niet tussen het leereffect en de discriminabiliteit.

## **1.2 Structuur**

Deze verhandeling start met de situering van impliciet leren binnen het veld van de cognitieve psychologie. Kort wordt toegelicht wat onder impliciet leren verstaan wordt en welke de paradigma's zijn die gebruikt worden in het onderzoek naar deze vorm van leren. Vervolgens behandelen we het sequentieel leren en bespreken we het debat rond de plaats waar sequentieel leren gelokaliseerd kan zijn. De verschillende visies met betrekking tot de vraag wat er juist geleerd wordt, worden uitgebreid geïllustreerd aan de hand van de onderzoeken die op dit domein reeds hebben plaatsgevonden. We gaan eveneens dieper in op de menselijke informatieverwerking en de variabelen die de verschillende stadia van de informatieverwerking beïnvloeden. Ten slotte bespreken we de concrete doelstelling van ons onderzoek en de verschillende hypotheses.

## **1.3 Impliciet leren**

### **1.3.1 Impliciet versus expliciet leren**

Impliciet leren als onderzoeksdomein in de cognitieve psychologie kreeg de laatste decennia veel aandacht. Aan de basis van de explosie van het onderzoek op dit domein ligt een belangrijke hypothese die stelt dat er verscheidene vormen van leren zijn. Men veronderstelt dat er een fundamentele dichotomie bestaat, waardoor een onderscheid gemaakt kan worden tussen impliciet en expliciet leren. De term ‘impliciet leren’ werd voor het eerst geïntroduceerd door Reber (1967) en wordt in de literatuur op talloze manieren omschreven en gedefinieerd. Frensh (1998) catalogiseerde meer dan een dozijn definities van impliciet leren en stelde vast dat impliciet ‘onbewust’ maar ook ‘niet-intentioneel/automatisch’ kan betekenen in de verschillende definities. Tevens merkte hij op dat sommige definities naar het leerproces op zich verwijzen, terwijl andere het leer- en retrievalproces samen beschouwen. Frensh besloot uit zijn studie dat een definitie van impliciet leren het grootste wetenschappelijke nut heeft als deze nadruk legt op de automaticiteit van het leerproces op zich. Hij definieert impliciet leren dan ook als *het niet-intentioneel en automatisch verwerven van niet-verbaliseerbare kennis over structurele relaties tussen gebeurtenissen of objecten*. In tegenstelling tot impliciet leren verwijst de term ‘expliciet leren’ naar het intentioneel leren van aparte kennisfragmenten met bewustzijn, waarbij men gebruik kan maken van strategieën (Reber, 1989; Shanks e.a., 1994).

Een aanzienlijk deel van het onderzoek richt zich hoofdzakelijk op de vraag of impliciet leren fundamenteel verschilt van expliciet leren. Hoewel hier nog steeds veel controverse over bestaat (Shanks e.a., 1994; Frensch e.a., 2000) bieden verscheidene paradigma's ondersteuning voor de stelling dat impliciet en expliciet leren van elkaar verschillen, in die zin dat impliciet leren onbewust en niet-intentioneel verloopt (Segar, 1994). Tegen deze achtergrond gaan we ons in deze studie niet richten op het onderscheid tussen beide leermechanismen, maar beperken we ons tot de aard van het impliciet sequentieel leren.

### **1.3.2 Impliciete leerparadigma's**

In de studie naar impliciet leren worden experimentele taken gebruikt waar proefpersonen blootgesteld worden aan een nieuwe, regelgestuurde omgeving onder toevallige leeromstandigheden. Vervolgens wordt nagegaan of zij impliciete kennis verworven hebben over de structuur die aanwezig was in de taak. Dit kan gebeuren aan de hand van de prestatie

op dezelfde of op een andere taak (Cleeremans, Destrebecqz, & Boyer, 1998). Om dit te illustreren geven we een voorbeeld van een leertaak die gebruik maakt van een artificiële grammatica. Hier wordt aan de proefpersonen gevraagd een set van letterreeksen te onthouden. In deze letterreeksen is, zonder dat de deelnemers dit weten, een grammatica ingebouwd. Na de leerfase wordt hen gevraagd om nieuwe reeksen te classificeren als grammaticaal of niet grammaticaal. Ondanks het feit dat ze niet in staat zijn de ingebouwde regels te benoemen, was 65% van de classificaties correct, wat beter is dan kansniveau. Deze dissociatie tussen de prestatie op de taak en het gebrek aan verbaliseerbare kennis is volgens Reber (1967) het bewijs dat de kennis impliciet is. Naast deze artificiële grammatica-taak onderscheidt Seger (1994) nog negen andere impliciete leerparadigma's, waaronder dynamische systeemcontrole en de SRT-taak. Op het onderscheid tussen deze taken gaan we in deze verhandeling echter niet uitgebreider in.

## **1.4 Studie van het leren van sequenties**

### **1.4.1 Seriële reactietijd taak**

Wanneer kinderen kennis verwerven over nieuwe wiskundige algoritmes, dan maken ze daarbij voornamelijk gebruik van expliciet serieel leren. Toch is een groot deel van sequentieel leren eerder toevallig en niet-intentioneel. Het vermogen tot het produceren en begrijpen van de moedertaal is hier een goed voorbeeld van. Ondanks het feit dat bijna iedereen grammaticaal correcte zinnen kan bouwen, is men vaak niet in staat de onderliggende grammaticale regels te benoemen.

Eén van de meest gebruikte en meest typische methoden in het onderzoek naar impliciet sequentieel leren, is het leren van sequenties in een SRT-taak. De standaard SRT-taak werd geïntroduceerd door Nissen en Bullemer (1987). In deze taak wordt de proefpersonen gevraagd zo snel en nauwkeurig mogelijk te reageren op een asterisk die op één van vier horizontaal georganiseerde locaties verschijnt op een computerscherm. Aan elke stimulus is een spatiaal compatibele responsleutel toegewezen. Op de stimuluslocatie moet gereageerd worden door de juiste responsleutel in te drukken. De belangrijkste experimentele variatie in de taak van Nissen en Bullemer was de manipulatie van de volgordestructuur van de stimuli. De proefpersonen reageerden op een zich herhalende gestructureerde stimulussequentie of op stimuli die in willekeurige (random) volgorde verschenen. Uit de resultaten bleek dat de reactietijden veel lager lagen bij de aanbidding van de gestructureerde sequentie dan wanneer

de stimuli in random volgorde verschenen. Ook wanneer de sequentie onverwacht overschakelde naar een willekeurige volgorde, vond er een opmerkelijke reactietijdstijging plaats. Dit reactietijdeffect vertegenwoordigt een specifieke vorm van leren en wordt sequentieel leren genoemd. Aangezien de stimuli, responsen en de S-R mapping identiek bleven, kan men besluiten dat het de sequentie is die hier geleerd werd. Hoewel het leren vastgesteld kan worden in de gemiddelde reactietijden op de SRT-taak waren de proefpersonen zich vaak niet bewust van enige vorm van leren (Willingham e.a., 1989; Curran & Keele, 1993; Stadler, 1993). Dit reactietijdvoordeel voor sequentiële stimuli ten opzichte van de random stimuli werd ook vastgesteld bij amnestische patiënten die bij een reproductietaak niet in staat waren om zich (een deel van) de sequentie te herinneren. Vermits de reactietijddaling bij deze patiënten geïnterpreteerd kan worden als het leren van de sequentie bij afwezigheid van expliciete kennis, gelden deze bevindingen als ondersteuning voor het impliciete karakter van de taak (Reber, 1989; Seger, 1994; Frensch, 1998).

Dit impliciet leren blijkt overigens niet beperkt te blijven tot het leren van een vaste structuur, zoals in de originele taak van Nissen en Bullemer (1987), maar vindt ook plaats bij probabilistische sequenties. Als de vier stimuluslocaties genummerd zijn van één tot vier van links naar rechts, dan zou een vaste structuur als volgt opgebouwd kunnen worden: 4, 2, 3, 1, 3, 2, 4, 3, 2, 1. Bij probabilistische sequenties echter kunnen de proefpersonen nooit exact voorspellen welke stimuluslocatie de andere zal opvolgen, omdat de sequentie opgebouwd wordt aan de hand van regels die bepalen welke stimuli elkaar kunnen opvolgen. Wanneer bijvoorbeeld een grammatica gebruikt wordt met beperkingen op de eerste orde, zoals in onze studie, dan kan een bepaalde locatie 'X' slechts gevolgd worden door twee andere locaties. Deze twee locaties hebben elk 50% kans om op te treden, terwijl de overige locaties nooit op die locatie 'X' kunnen volgen.

#### 1.4.2 Het gebruik van transfertaken

In het onderzoek naar sequentieel leren maken veel onderzoekers gebruik van SRT-taken waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen een trainings- en een transferfase. Aan de hand van de transfertaak kan nagegaan worden of de persoon gebruik maakt van de in de trainingstaak verworven kennis. Proefpersonen kunnen bijvoorbeeld in de trainingsfase uitsluitend de stimuli observeren, waarna ze in de transferfase dezelfde taak krijgen. In deze transfertaak moeten ze echter een respons geven op de locatie van de stimulus. Als uit de

resultaten op deze transfertaak blijkt dat er sequentieel leren plaatsvond, betekent dit dat de sequentie in de trainingsfase geleerd werd. Maar deze transfertaken zijn soms moeilijk interpreteerbaar omdat de transfertaak vaak een totaal nieuwe taak is met andere vereisten. Als de resultaten van de transfertaak erop lijken te wijzen dat er geen sequentieel leren heeft plaatsgevonden, betekent dit niet noodzakelijk dat er geen kennis bestond over de stimulus- of responssequentie tijdens de trainingsfase. Het is eveneens mogelijk dat de representatie niet toegankelijk is in de nieuwe taak (Nattkemper & Prinz, 1997). Deze transfertaken worden echter niet door alle onderzoekers gebruikt. Er kan ook een SRT-taak opgesteld worden waar verschillende variabelen gemanipuleerd worden, waarvan verondersteld wordt dat ze selectief een invloed uitoefenen op bepaalde stadia in het informatieverwerkingsproces, zoals de perceptuele of motorische processen. Het effect van de manipulatie kan vervolgens nagegaan worden door het vergelijken van de experimentele conditie met de controlegroep in een between-subjects design.

## **1.5 De lokalisatie van (impliciet) sequentieel leren**

### **1.5.1 Inleiding**

Een belangrijke vraag die men zich in het onderzoek naar sequentieel leren kan stellen, is welke processen betrokken zijn bij het leren van sequentiële informatie. In een SRT-taak wordt een stimulussequentie aangeboden, maar opdat men deze taak kan uitvoeren moet de persoon bij elke trial een responsleutel selecteren en indrukken en hiervoor moet hij de juiste spieren programmeren. Uit de reactietijdverdeling in een SRT-taak blijkt dat de reactietijden stijgen als na een aantal sequentiële blokken een random blok wordt aangeboden en vervolgens weer dalen als de stimuli weer in gestructureerde volgorde verschijnen. Dit effect wijst erop dat een bepaalde sequentie geleerd wordt. Maar wat van de sequentie wordt nu juist geleerd? Leert men de volgorde van de stimuli zoals ze waargenomen worden op het scherm (perceptueel) of wordt de volgorde van opeenvolgende responsen geleerd (motorisch)? Of gaat het om een combinatie van beide? We zullen in dit hoofdstuk een beknopt overzicht geven van de belangrijkste studies die werden uitgevoerd in het licht van de controversie rond perceptueel en motorisch leren. Daarnaast worden ook enkele alternatieve verklaringen besproken.

### 1.5.2 Motorisch leren

Algemeen wordt aangenomen dat motorisch leren een cruciale rol speelt bij het leren van sequenties. Deze motorische visie op sequentieel leren gaat ervan uit dat er bij het uitvoeren van een SRT-taak een responssequentie geleerd wordt in de vorm van associaties tussen opeenvolgende responsen (R-R leren). Hierbij aansluitend kwamen verscheidene onderzoekers tot het besluit dat het impliciet leren van sequenties zuiver motorisch is. Nattkemper en Prinz (1997) gebruikten in hun studie acht letters als stimuli die per paar werden toegekend aan een responsleutel. De letters verschenen op het scherm volgens een gestructureerde sequentie die zich voortdurend herhaalde. In deze stimulussequentie werden standaardletters af en toe abrupt vervangen door afwijkende letters die echter wel tot de originele stimulusset behoorden. Aangezien er telkens twee letters toegekend werden aan één responsleutel, kon de afwijkende letter een verschillende of eenzelfde respons uitlokken als de oorspronkelijke letter. Dit had tot gevolg dat de responssequentie al dan niet gewijzigd werd. Nattkemper en Prinz stelden vast dat er uitsluitend een reactietijdstijging plaatsvond als bij het inlassen van de afwijkende letters ook de responssequentie veranderde. Afwijkende letters die slechts zorgden voor een verandering van de stimulussequentie, leidden niet tot een stijging van de reactietijden. Deze bevindingen bieden ondersteuning voor het feit dat een sequentiële structuur opgeslagen wordt in de hersenen in de vorm van een motorisch programma.

Ook Willingham, Nissen en Bullemer (1989, Experiment 3) vonden evidentie voor het motorisch leren van een kleursequentie, maar niet voor het perceptueel leren van een locatiessequentie. De proefpersonen werden getraind in het geven van een respons op de kleur van een stimulus, die op verschillende locaties kon verschijnen. Deze locatie was echter irrelevant voor het uitvoeren van de taak. Er waren drie condities (between-subjects). In de responsconditie volgden de kleuren een zich herhalend patroon, maar was de opeenvolging van de locaties random. In de perceptuele conditie verscheen de stimulus volgens een sequentie van locaties, terwijl de volgorde van de kleuren random was. Indien de proefpersonen deze locatiessequentie leerden, kunnen we met zekerheid zeggen dat het hier perceptueel leren betreft, aangezien er aan de locaties geen responsen verbonden waren. In de derde conditie, de controle conditie, was zowel de volgorde van de kleuren als van de locaties random. De vergelijking van de resultaten van de respons- en perceptuele conditie met deze van de controle conditie toonde dat de reactietijden in de responsconditie sterker afnamen dan deze in de twee andere condities. Er werd echter geen verschil gevonden tussen de

reactietijden in de controlegroep en de perceptuele groep. Dit ondersteunt de hypothese dat sequentieel leren eerder het vormen van associaties tussen opeenvolgende responsen inhoudt dan het vormen van associaties tussen opeenvolgende stimuli. Maar volgens Willingham en collega's spreken de resultaten van de transfertaak deze conclusie tegen. In de transferfase moesten de proefpersonen uit de drie condities reageren op de locatie waar de stimulus, een "X", verscheen. De sequentie van de locaties, en dus ook van de responsen, volgde in de eerste vier transferblokken hetzelfde patroon als in de trainingsfase. De volgorde van de locaties in het vijfde blok was random. Als het leren volledig gestuurd wordt door het motorische systeem, dan zouden de proefpersonen uit de responsconditie sneller moeten reageren dan de twee andere groepen in deze transfertaak. Dit was echter niet het geval. De reactietijden in de drie condities verschilden niet significant van elkaar. Ondanks de kritiek op het gebruik van transfertaken besloten Willingham et al. (1989) dat het leren noch zuiver perceptueel, noch zuiver motorisch is, maar dat het mogelijk gebaseerd is op een informatieverwerkingsproces dat optreedt tussen waarneming en actie, zoals de responsselectie. Op deze mogelijke verklaring voor het leren van sequentiële informatie gaan we dieper in verderop in deze verhandeling.

Het belang van het programmeren van responsen bij sequentieel leren wordt niet uitsluitend ondersteund door gedragsmatige studies, maar het wordt ook bevestigd door het onderzoek bij populaties met hersenbeschadiging. Hoewel deze vorm van leren relatief lang bewaard blijft bij patiënten die bijvoorbeeld lijden aan Alzheimerdementie (Knopman & Nissen, 1987) of het syndroom van Korsakoff (Nissen & Bullemer, 1987), is sequentieel leren in een SRT-taak verstoord bij personen met de ziekte van Parkinson (Ferraro, Balota, & Conner, 1993) of de ziekte van Huntington (Knopman & Nissen, 1991). Aangezien de basale ganglia, die primair betrokken zijn bij motorisch gedrag, zowel bij de ziekte van Parkinson als bij de ziekte van Huntington beschadigd zijn, doet dit de betrokkenheid van motorische processen bij sequentieel leren vermoeden.

Ondanks het feit dat de meeste onderzoekers de belangrijke rol van de motorische processen bij het leren van sequentiële informatie erkennen of aanvaarden, zijn er onderzoekers die eerder het belang van perceptuele processen bij deze vorm van leren benadrukken.

### 1.5.3 Perceptueel leren

In het dagelijkse leven zijn we er voortdurend getuige van dat de mens sequentiële structuren leert, zelfs als er geen motorische reacties vereist zijn, zoals bij het leren van een ritme of van muziek. In tegenstelling tot de onderzoekers die een meer motorisch standpunt innemen, stelt de perceptuele visie dat er associaties gevormd worden tussen opeenvolgende stimuli (S-S leren). Enkele onderzoekers hebben, daarbij aansluitend, trachten aan te tonen dat leren zuiver perceptueel is.

Stadler (1989) maakte gebruik van een visuele zoektaak, waarbij een stimulus kon verschijnen in één van de vier kwadranten op een scherm. De responsleutel moest ingedrukt worden die overeenstemde met het kwadrant waar de stimulus verscheen. De positie van de zevende trial in elk blok kon voorspeld worden aan de hand van de locatie van de eerste zes trials. Een transfertaak werd uitgevoerd nadat de 24 regels, gebruikt om de positie van de zevende trial te voorspellen, goed getraind waren. In de transferfase van de positieconditie verscheen de stimulus gedurende de eerste zes trials in de tegenovergestelde hoek van hetzelfde kwadrant dan in de trainingsfase. Uitsluitend de plaats van de stimulus in het kwadrant veranderde, terwijl de sequentie van de kwadranten waarin de stimulus verscheen en de sequentie van de responsen dezelfde bleven. In de transferfase van de responsconditie moesten de proefpersonen reageren door middel van een ander toetsenbord, gebruik makend van verschillende vingers. De bewegingen die men moest maken verschilden hier, maar de locaties op het scherm bleven onveranderd. Uitzonderd in de transferfase van de responsconditie, moest een respons gegeven worden door middel van twee vingers. De rechtse wijsvinger werd gebruikt voor het indrukken van de bovenste en de onderste linker-toets, die overeenstemmen met respectievelijk het bovenste en het onderste linkse kwadrant. De rechtse middenvinger werd gebruikt bij het indrukken van de bovenste en de onderste rechter-toets, die overeenstemmen met respectievelijk het bovenste en onderste rechtse kwadrant. In de transferfase van de responsconditie gebruikten de proefpersonen vier vingers voor vier, verder uit elkaar geplaatste, responsleutels. Stadler merkte op dat het wijzigen van de motorische respons een verwaarloosbare impact had op de reactietijden, terwijl er wel een grote invloed was van het veranderen van de perceptuele kenmerken. Dit wees er volgens Stadler op dat de regel gecodeerd wordt in termen van perceptuele informatie in plaats van in termen van motorische informatie.

Volgens Howard, Mutter en Howard (1992) volstaat louter observeren van een sequentie opdat perceptueel leren kan plaatsvinden. In hun experiment verscheen een asterisk op één

van vier locaties volgens een gestructureerde sequentie. Eén groep van proefpersonen nam deel aan de SRT-taak en gaf een respons op de stimulus. Een andere groep observeerde uitsluitend de stimuli en gaf dus geen respons. In de transferfase moesten de proefpersonen uit beide condities reageren op de stimuluslocatie door een responsleutel in te drukken. Uit de resultaten bleek dat het leereffect vergelijkbaar was in beide groepen. De proefpersonen uit de observatiegroep konden echter 95% van de sequentie reproduceren, wat er waarschijnlijk op wijst dat ze expliciete kennis verworven hadden over de sequentie. De interpretatie van de resultaten van het experiment van Howard et al. als een vorm van impliciet leren kan dus in vraag gesteld worden. Deze resultaten konden overigens niet gerepliceerd worden in een studie van Kelly en Burton (2001). Zij vonden geen observationeel leren bij complexe sequenties en besloten dat het leren dat Howard et al. vaststelden, toe te schrijven was aan de eenvoudige stimulusstructuur in hun studie. Ook Willingham (1999) gebruikte een gelijkaardig design als Howard en zijn collega's. Hij sloot de proefpersonen met expliciete kennis uit de analyse en gebruikte drie condities in plaats van twee. In de responsconditie reageerden de proefpersonen op de vier stimuluslocaties met vier compatibele responsleutels. In de twee overige condities was er geen respons vereist, maar moesten de proefpersonen de stimuli louter observeren. In één observatieconditie verschenen de stimuli in willekeurige volgorde en in de andere observatieconditie volgden de stimuli dezelfde sequentie als in de responsconditie. Enerzijds stelde Willingham vast dat de proefpersonen die uitsluitend observeerden niet beschikten over impliciete kennis. Anderzijds bleek dat het leren vergelijkbaar was in de random en de sequentiële observatieconditie. Aan de hand van dit experiment kon dus niet besloten worden dat impliciet sequentieel leren zuiver perceptueel is. Een bijkomende kritiek op Howard et al. (1992) is dat de proefpersonen uit de observatiegroep mogelijk interne reacties op de stimuli genereerden of dat er een overte respons was in de vorm van oogbewegingen. Als dit het geval was, dan reageerden de proefpersonen in beide groepen met (overte) motorische reacties en kan men ze enkel van elkaar onderscheiden volgens het type respons dat gegeven werd.

De meeste ondersteuning voor het bestaan van zuiver perceptueel leren wordt wellicht geleverd door Remillard (2003). Hij gebruikte een ingewikkelder design dan de standaard SRT-taak. De proefpersonen kregen de instructie te reageren op de identiteit van een stimulus, die op één van zes posities kon verschijnen. Op het bigram "xo" en "ox" moest gereageerd worden met een verschillende responsleutel. De volgorde waarin deze bigrams verschenen, en dus ook de responsvolgorde, was random. De locaties waar de stimuli verschenen volgden wel een sequentie. Deze sequentie stond echter los van het geven van een respons. Remillard

toonde aan dat de proefpersonen in staat waren een irrelevante locatiesequentie te leren die onafhankelijk was van de motorische responsen. Deze vorm van perceptueel leren vond hij echter uitsluitend terug als er een sequentie gebruikt werd met beperkingen op de eerste orde. Dit houdt in dat een stimulus voorspeld kan worden aan de hand van de voorgaande stimulus. Het leren trad niet op als er meer ingewikkelde sequenties gebruikt werden.

#### 1.5.4 Sequentieel leren: noch zuiver perceptueel, noch zuiver motorisch

Naast de motorische en de perceptuele visie bestaan er ook verklaringen die variaties zijn op de standaard perceptueel-motorisch controversie. Enerzijds bestaat er evidentie voor respons-effect leren (R-S leren), wat inhoudt dat de persoon associaties leert tussen een bepaalde actie en het gevolg ervan. Hij leert dus welke stimulus er zal volgen op het geven van een bepaalde respons. Anderzijds zijn er indicaties dat zowel de associaties tussen opeenvolgende stimuli als tussen opeenvolgende responsen parallel geleerd kunnen worden (S-R leren). Ten slotte zijn er onderzoekers die vaststelden dat sequentieel leren effector-onafhankelijk is en die zich de vraag stellen wat de betrokkenheid is van de interne verwerkingsprocessen bij het leren van sequenties. Deze standpunten zullen in volgende paragraaf verder toegelicht worden.

##### *1.5.4.1 Respons-effect leren*

Ziessler (1994) stelde dat het verwerven van sequentiële kennis bestaat uit het leren van respons-stimulus (R-S) associaties, ook respons-effect leren genoemd. Deze vorm van leren houdt in dat de persoon leert welke stimulus volgt op elke reactie, waardoor het verschijnen van de volgende stimulus beschouwd wordt als een effect van de respons op de huidige stimulus. De basisgedachte achter deze verklaring houdt in dat in een SRT-taak covariaties geleerd worden tussen bepaalde acties en de gevolgen daarvan. De theorie met betrekking tot impliciet sequentieel leren zou, volgens deze visie, gebaseerd kunnen zijn op theorieën over actie-controle ('action control'). Opdat actie-controle kan plaatsvinden is het belangrijk dat er associaties geleerd worden tussen bepaalde acties en het effect ervan. Enkel dan is het mogelijk om de juiste actie te selecteren om een gewenst doel te bereiken. In zijn theorie stelt Hommel (1996) dat de anticipatie op een effect deel kan uitmaken van het plannen van motorische acties. Acties worden, volgens deze theorie, cognitief voorgesteld als codes die

informatie geven over het effect dat een motorisch programma zal voortbrengen. Bij het uitvoeren van een bepaalde actie wordt een bepaalde code geactiveerd over het effect dat deze actie zal hebben. Ook in een SRT-taak kan een respons beschouwd worden als een intentionele actie die een bepaald effect teweegbrengt. Wanneer een bepaalde actie bijgevolg leidt tot het verschijnen van de volgende stimulus, dan kan het sequentieel leren te wijten zijn aan respons-effect leren.

Het onderzoek van Ziessler (1994) bestond uit een visuele zoektaak waar de responsvereisten gemanipuleerd werden. Hij maakte gebruik van twee experimentele condities en varieerde het aantal responsen dat toegekend werd aan de doelstimulus. In de eerste conditie werd aan elke stimulus één responsleutel toegewezen. De proefpersonen in deze conditie maakten gebruik van vijf responsleutels voor vijf stimuli. In de tweede conditie mochten de proefpersonen slechts gebruik maken van twee responsleutels voor dezelfde vijf stimuli. Ze moesten met de linker wijsvinger reageren als de letter 'v' verscheen en met de rechter wijsvinger als de letters 'w', 's', 'f' en 'x' verschenen. De instructie werd gegeven te reageren op de identiteit van de stimulus. In de opeenvolging van de stimuli werd volgende regel ingebouwd: als de stimulus een 'w' was dan verscheen de volgende stimulus boven de positie van de 'w'. Was de doelstimulus een 's', dan verscheen de volgende stimulus eronder. Bij een 'f' verscheen de volgende stimulus aan de linkse kant en bij een 'x' aan de rechtse kant. Elke respons lokte dus op zijn beurt de volgende stimulus uit, waardoor er een systematische relatie bestond tussen de stimulusidentiteit en de locatie van de volgende stimulus. Zowel de volgorde van de stimuli als van de responsen, maar ook deze van de stimuluslocaties was random. Er was slechts één patroon dat de proefpersonen konden leren en dat was de relatie tussen de stimulusidentiteit en de locatie van de volgende doelstimulus. In vergelijking met de random groepen bleek er uitsluitend een reactietijddaling te zijn in de eerste conditie en niet in de tweede conditie. Wanneer de regels werden omgedraaid, stelde Ziessler eveneens een sterkere reactietijdstijging vast in de conditie met vijf responsleutels dan in deze met twee responsleutels. Uit deze bevindingen blijkt dat de regel het best geleerd werd als elke respons een uniek effect teweeg bracht. Hij veronderstelde bijgevolg dat de proefpersonen de onderliggende regels slechts leerden als het veranderen van de locatie een uniek effect leek te zijn van de voorgaande respons. Hiermee wordt respons-effect leren bedoeld. Indien dit echter het geval zou zijn, dan zou het leren bij probabilistische sequenties niet zo uitgesproken mogen zijn omdat de stimuli elkaar niet met 100% zekerheid opvolgen. Aangezien we bij meer ingewikkelde sequenties ook een leereffect terugvinden, vormt response-effect leren bijgevolg geen sluitende verklaring voor het leren van sequenties.

#### *1.5.4.2 Perceptueel en motorisch leren*

Mayr (1996) is één van de onderzoekers die aantoonde dat zowel motorisch als perceptueel leren parallel kunnen bijdragen aan het leren van sequentiële informatie. In zijn studie werd de vereiste respons bepaald door de identiteit van de stimulus. Hij gebruikte vier stimuli, namelijk een zwart en een wit vierkant en een zwarte en witte cirkel, die op vier verschillende plaatsen konden verschijnen. De proefpersonen kregen de instructie te reageren op de identiteit van de stimulus. De volgorde van de objecten en deze van de locaties waren opgebouwd volgens twee verschillende, niet-gecorrleerde sequenties om de eventuele bijdrage van beide vormen van leren van elkaar te scheiden. De resultaten toonden een significante reactietijdstijging als beide sequenties apart en simultaan overschakelden naar een random volgorde. Omdat de locaties geen respons vereisten, interpreteerde Mayr dit als een voorbeeld van zuiver perceptueel leren. Deze vaststellingen wezen er eveneens op dat motorisch en perceptueel leren parallel kunnen plaatsvinden.

Rüsseler, Münte en Rösler (2002) gebruikten het design van Mayr maar waren niet in staat het perceptueel leereffect te repliceren. Zij stelden vast dat een spatiële sequentie die niet verbonden is met een specifieke responssequentie niet geleerd wordt, terwijl een objectsequentie die wel verbonden is aan een gestructureerde reeks van responsen toch geleerd wordt.

Willingham, Wells, Farrell en Stemwedel (2000) veronderstelden dat door de grote afstand tussen de stimuli in het experiment van Mayr, het perceptueel leren verklaard kon worden als het leren van een sequentie van oogbewegingen. Deroost en Soetens (2004) en ook Rüsseler et al. (2002) stelden echter vast dat de afstand tussen de locaties geen invloed had op de mate waarin sequentieel geleerd werd. Hieruit kunnen we besluiten dat het perceptueel leren dat Mayr vond niet kan toegeschreven worden aan de afstand tussen de stimuli en het leren van oogbewegingen.

#### *1.5.4.3 Sequentieel leren en effector-onafhankelijkheid*

Ondanks het aanzienlijke belang van motorisch leren bestaat er evidentie dat het leren in een SRT-taak effector-onafhankelijk kan zijn, wat betekent dat impliciet sequentieel leren mogelijk niet zuiver motorisch is in de zin van het leren van specifieke effectorbewegingen. In een experiment van Cohen, Ivry en Keele (1990) werd aan de proefpersonen in de oefenfase van een SRT-taak de instructie gegeven te reageren door middel van drie vingers op

drie hiermee overeenkomstige responsleutels. In de transferfase mochten ze nog slechts één vinger gebruiken voor de drie toetsen, waardoor vooral armbewegingen plaatsvonden in plaats van vingerbewegingen. De prestaties op het random en het gestructureerde blok in de transferfase werden met elkaar vergeleken. Cohen en collega's stelden vast dat er een volledige transfer plaatsvond van het leren. Aan de hand van deze bevindingen besloten ze dat het leren niet beperkt blijft tot kennis over een sequentie van specifieke effectorbewegingen.

Ook Keele, Jennings, Jones, Caulton en Cohen (1995) onderzochten de effectorafhankelijkheid door middel van meer ingewikkelde experimenten. In hun eerste experiment moesten de proefpersonen van effector veranderen tijdens de transferfase. In de trainingsfase werd gereageerd met drie vingers op drie overeenstemmende responsleutels, waarna werd overgeschakeld naar het geven van een respons met de wijsvinger van de dominante hand, of omgekeerd. Een respons met de wijsvinger op drie verschillende toetsen vereist een voor- en achterwaartse beweging van de arm. Aangezien hiervoor andere spieren nodig zijn dan bij het reageren met drie vingers, kunnen we stellen dat het hier gaat om verschillende effectoren. Uit de resultaten bleek dat er een transfer van sequentieel leren optrad tussen beide effectoren, wat als evidentie beschouwd kan worden voor de effector-onafhankelijkheid van sequentieel leren. In hun derde experiment gingen zij een meer extreme transfer van leren na, namelijk van een manuele respons naar een vocale respons. Ook hier vonden zij een kleiner, maar nog steeds betrouwbaar, transfereffect. Sequentieel leren kan dus niet zuiver motorisch zijn, omdat er een transfer plaatsvindt bij extreme responsverandering. Motorische processen spelen echter wel een rol omdat er geen sprake is van een volledige transfer. Keele en medewerkers besloten dat het leren van een sequentie waarschijnlijk gecodeerd wordt in een stadium dat vooraf gaat aan de keuze van het effector-systeem dat de beweging uitvoert. Zij gaan er van uit dat wat geleerd wordt, niet zo zeer een sequentie is van specifieke responsen, maar eerder een sequentie van geplande acties. In overeenstemming met de modulariteitstheorie van Berkinblit en Feldman (1988) stellen Keele et al. dat er een spatieel systeem bestaat waarin het traject van geplande acties wordt opgeslagen. Een ander, meer effector-gebonden, systeem bepaalt vervolgens welke spieren hiervoor nodig zijn, maar bevat geen kennis over de opeenvolgende ruimtelijke posities. Men zou kunnen stellen dat de vingers weten hoe ze tot een bepaalde positie in de ruimte moeten komen, maar dat ze niet weten welke positie dit zal zijn. De volgende positie wordt bepaald door een module die hieraan vooraf gaat. Zo kan ervaring met een perceptueel-motorische sequentie leiden tot de ontwikkeling van motorische anticipatie en een snelle responsselectie. Eerder dan ons de vraag te stellen of er respons- of

stimulussequenties geleerd worden, kunnen we ons dus afvragen welke interne processen een sequentie moet ondergaan opdat leren kan plaatsvinden.

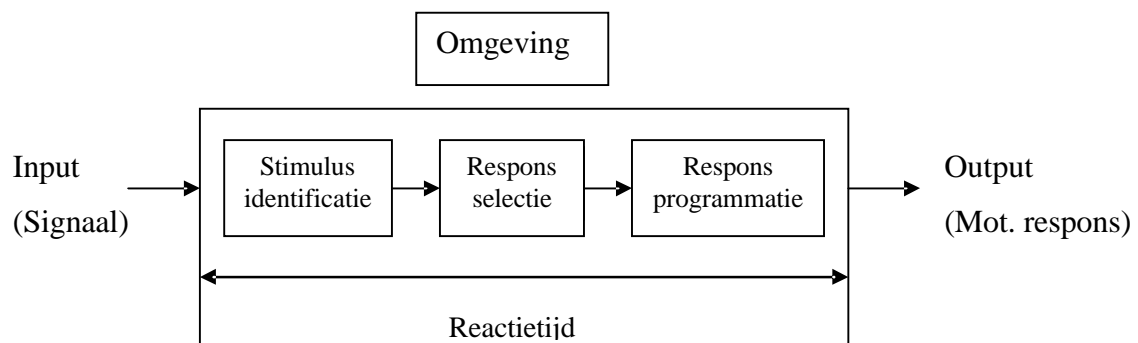
## **1.6 Stadia in het informatieverwerkingsproces**

### **1.6.1 Inleiding**

Het debat over de lokalisatie van sequentieel leren heeft zich tot op heden voornamelijk geconcentreerd rond de vraag of er associaties gevormd worden tussen opeenvolgende stimuli of eerder tussen opeenvolgende responsen. Zoals blijkt uit voorgaande paragraaf bestaat eveneens de mogelijkheid dat er één of meerdere (interne) processen uit de informatieverwerking betrokken zijn bij sequentieel leren. In onze studie trachten we de invloed van perceptuele processen en de responsselectie op deze vorm van leren na te gaan. Daarom zullen we vervolgens het stimulusidentificatie- en responsselectie-stadium situeren in het informatieverwerkingsproces en bespreken we welke variabelen deze stadia beïnvloeden.

### **1.6.2 Additieve Factoren Methode**

Mensen interageren constant met natuurlijke en artificiële omgevings-elementen. Ze verwerken stimulusinformatie, beslissen welke acties er genomen moeten worden op basis van die informatie, voeren deze acties uit en ontvangen als reactie daarop nieuwe stimulusinformatie. De verschillende fasen van het menselijke informatieverwerkingsproces worden weergegeven in Figuur 1.



*Figuur 1 Menselijke informatieverwerking*

Sternberg's Additieve Factoren Methode (AFM, 1969) is een manier om de verschillende stadia in de informatieverwerking te bestuderen. Hij baseerde zich hiervoor op de idee van Donders, namelijk dat het menselijke informatieverwerkingsstelsel uit verschillende stadia bestaat. Evenals Donders ging Sternberg ervan uit dat informatieverwerking bestaat uit een reeks van serieel opvolgende processen die onafhankelijk zijn van elkaar. De AFM is bijgevolg een serieel model, wat wil zeggen dat de informatie van een stimulus volledig verwerkt moet zijn door één bepaald stadium voordat aan de verwerking door een volgend stadium begonnen kan worden. In tegenstelling tot Donders stelt Sternberg dat men niet zomaar een verwerkingsstadium kan bijvoegen, zonder de andere stadia te beïnvloeden. Eén van de basisveronderstellingen van de AFM is dat de informatieverwerking bestaat uit een aaneenschakeling van onafhankelijke stadia die input ontvangen van het voorgaande stadium. Elk stadium verwerkt deze input en stuurt dit door naar het volgende stadium. Het doorlopen van een stadium is onafhankelijk van de duur van de voorgaande stadia en elke invloed die een variabele heeft op één van de stadia, uit zich in de reactietijd. De totale reactietijd bestaat uit de som van de duur van alle stadia. De twee belangrijkste principes van de AFM zijn additiviteit en interactiviteit. Twee variabelen zijn additief als ze verschillende verwerkingsstadia in het reactietijdproces beïnvloeden. Dit betekent dat beide variabelen een onafhankelijke bijdrage leveren aan de reactietijd. Twee variabelen zijn interactief als ze minstens één gemeenschappelijk stadium beïnvloeden (Sanders, 1998). Als men bijvoorbeeld weet dat het aantal alternatieven de responsselectie beïnvloedt en men vindt een interactie tussen het aantal alternatieven en de S-R compatibiliteit, dan kan men hieruit besluiten dat S-R compatibiliteit ook de responsselectie beïnvloedt. Er traden echter problemen op bij de zuivere toepassing van het seriële model van Sternberg. Er werden interacties vastgesteld tussen variabelen die normaal de begin- en eindstadia beïnvloeden. Daarom werd het model door de jaren heen aangepast en resulteerde het in het model van Sanders. Hij voegde aan de seriële processen extra functionele processen toe, zoals activatie, arousal en evaluatie, die de seriële stadia kunnen beïnvloeden (Welford & Brebner, 1980).

Ondanks deze kritiek is uit de AFM gebleken dat S-discriminatie en S-R compatibiliteit twee variabelen zijn die verschillende processen in de informatieverwerking beïnvloeden, respectievelijk de stimulusidentificatie en de responsselectie. Door het manipuleren van deze variabelen in een SRT-taak trachten wij de betrokkenheid van de stimulusidentificatie en de responsselectie bij sequentieel leren te onderzoeken.

## 1.6.3 Stimulusidentificatie en responsselectie

### *1.6.3.1 Stimulusidentificatie*

Het stimulusidentificatie-stadium is, naast de voorverwerking van de informatie ('preprocessing') en de analyse van de stimuluskenmerken, één van de drie perceptuele processen die onderscheiden worden door het AFM-model. De stimulusidentificatie wordt beïnvloed door verscheidene factoren, zoals het aantal alternatieven en mentale rotatie. Wanneer het aantal alternatieven stijgt of als een bepaalde stimulus geroteerd is, dan zal het identificatiestadium meer tijd in beslag nemen. Een andere variabele die van invloed is op de identificatie van stimuli is de S-discriminabiliteit. Wanneer twee stimuli bijvoorbeeld weinig van elkaar verschillen, zoals de kleur rood en oranje, dan is de discriminabiliteit moeilijker dan wanneer deze stimuli duidelijk te onderscheiden zijn, zoals rood en blauw, en zal de identificatie ook trager verlopen (Coren, Ward & Enns, 1994). Een typisch experiment met betrekking tot S-discriminabiliteit houdt bijvoorbeeld in dat een proefpersoon moet beslissen of het gewicht van een bepaald object zwaarder of lichter is dan dat van een ander object. Het stimulusidentificatie-stadium werd uitgebreid bestudeerd aan de hand van enkelvoudige reactietijd-taken en keuzereactietijd-taken. S-discriminatie kan in beide taken gemanipuleerd worden. In een enkelvoudige reactietijd-taak kan bijvoorbeeld aan de proefpersonen gevraagd worden een respons sleutel in te drukken wanneer ze een verandering in de stimulusidentiteit vaststellen (Welford, 1980). Het manipuleren van de discriminabiliteit in een keuzereactietijd-taak kan gebeuren door de proefpersoon een kaart te tonen waarop twee lijnen afgebeeld staan die verschillen in lengte. De instructie wordt gegeven één van de twee respons sleutels in te drukken (links of rechts) die overeenstemt met de zijde waar het lijnstuk langer is. Hoe kleiner het verschil, hoe moeilijker de discriminatie en identificatie (Coren e.a., 1994).

### *1.6.3.2 Responsselectie*

Het responsselectie-stadium speelt een centrale rol in de voortdurende interactie tussen perceptie en actie. Welford (1984) omschrijft responsselectie als een hypothetisch verwerkingsstadium bij motorische taken waar de persoon een beslissing neemt welke respons er gaat volgen nadat de stimulus geïdentificeerd werd. Het responsselectie-stadium werd het meest uitgebreid bestudeerd aan de hand van keuzereactietijd-taken waarbij één of meerdere stimuli aan één of meerdere respons sleutels werden verbonden. Uit onderzoek blijkt dat

responsselectie beïnvloed wordt door verschillende factoren. Zo verloopt de responsselectie moeilijker bij een groter aantal S-R alternatieven, maar gemakkelijker wanneer de mate van training toeneemt (Proctor & Dutta, 1995). De belangrijkste variabele echter die een invloed uitoefent op dit stadium is de S-R mapping of de regel(s) die een bepaalde responsleutel toewijzen aan een bepaalde stimulus. Het effect van een dergelijke mapping wordt het S-R compatibiliteitseffect genoemd. Wanneer de stimuli op een spatieel compatibele wijze toegewezen worden aan de responsleutels, bijvoorbeeld door de linker responsleutel te laten overeenstemmen met de linker stimulus en de rechter responsleutel met de rechter stimulus, zijn de reacties sneller dan bij een incompatibele mapping. Wanneer de proefpersonen de handen moeten kruisen, zodat de rechterhand werkt met de linker responsleutel en omgekeerd, zien we dat de reacties vertragen. De grootte van het compatibiliteitseffect blijft hier onveranderd in vergelijking met de niet-gekruiste conditie, wat erop wijst dat het mapping effect een gevolg is van de spatiële relatie tussen stimulus en respons (Roswarski & Proctor, 2000).

Spatiele S-R compatibiliteitseffecten werden reeds uitgebreid onderzocht, omdat ze veel informatie bieden over de relatie tussen perceptie en actie (Hommel & Prinz, 1997). Het dimensionele overlap model van Kornblum (1992, 1994) is een dual-route model dat een mogelijke verklaring biedt voor dergelijk S-R compatibiliteitseffect. Dit model veronderstelt dat de verwerking van de stimulus volgens twee verschillende routes gebeurt. Er is enerzijds een directe, automatische route die een respons activeert die spatieel overeenstemt met de stimulus, en anderzijds een parallelle, indirecte route die de taakgerelateerde respons selecteert die aan de stimulus werd toegewezen. Volgens dit model is de responsselectie sneller en nauwkeuriger als beide routes dezelfde respons activeren (compatibele trials) dan wanneer dit niet het geval is (incompatibele trials). Bij compatibele trials wordt door de dimensionele overlap de juiste respons automatisch geactiveerd bij aanbieding van de stimulus, waardoor deze direct gekozen wordt. Bij incompatibele trials wordt de foute dimensie geprimeerd die interfereert met de correcte respons. De foute respons moet vervolgens eerst geïnhibeerd worden opdat de juiste respons geselecteerd en geprogrammeerd kan worden (Kornblum, Hasbroucq, & Osman, 1990; Hommel, 1997; Umiltà & Nicoletti, 1990). De responsselectie verloopt dan ook veel moeilijker bij een incompatibele S-R mapping dan bij een compatibele.

## **1.7 Sequentieel leren en responsselectie**

Eén van de specifieke kenmerken van de originele Nissen en Bullemer (1987) SRT-taak is dat er een spatiële mapping, en bijgevolg een dimensionele overlap, is van stimulus en respons. Zo moet bijvoorbeeld op de uiterst linkse stimulus gereageerd worden met de uiterst linkse responsleutel, op de tweede stimulus van links met de linkse sleutel, enz. Spatiële compatibiliteit heeft in deze taak dan ook tot gevolg dat de respons automatisch geselecteerd wordt, zonder veel inspanning. Ook Koch en Hoffman (2000) vonden in hun experiment een effect van compatibiliteit. Zij voerden vier experimenten uit waar ze niet alleen het gebruik van spatiële of symbolische stimuli en responsen varieerden tussen de experimenten, maar ook de relationele structuur in de stimulus en responssequentie. In het eerste experiment werden spatiële stimuli (asterisk locatie) en spatiële responsen (responsleutel indrukken) gebruikt. In het tweede experiment lokte een spatiële stimulus een symbolische respons (verbaal benoemen van de locatie door middel van een cijfer) uit. Het derde experiment bestond uit symbolische stimuli (cijfers) en spatiële responsen en in het vierde experiment waren zowel de stimuli als de responsen van symbolische aard.

Uit de resultaten van de vier experimenten blijkt dat er een effect is van S-R compatibiliteit. Koch en Hoffman stelden vast dat er meer sequentieel leren plaatsvindt bij het gebruik van een incompatibele mapping dan bij een compatibele mapping. Zij veronderstelden dat het voorspellen van de komende respons van groter belang is als de responsselectie moeilijker is, zoals bij een incompatibele mapping. Dit houdt in dat proefpersonen meer beroep zullen doen op de sequentie om sneller te kunnen reageren bij een incompatibele mapping dan bij een compatibele mapping, wat leidt tot een groter leereffect. Anderzijds stelden Koch en Hoffman vast dat het leereffect kleiner is bij een spatieel compatibele mapping dan in de symbolische condities. Volgens het duaal-route model van Kornblum wordt bij een spatieel compatibele mapping de juiste responscode automatisch geactiveerd door de locatie van de stimulus. Bij symbolische sequenties is dit echter minder het geval. Daar moet men beroep doen op het geheugen om de juiste respons op te roepen en vindt er geen automatische activatie plaats op basis van de stimuluslocatie. Ook hier zal men dus meer beroep doen op de sequentie, wat kan verklaren waarom het leereffect groter is dan bij een spatieel compatibele mapping.

Niet alleen Koch en Hoffman (2000) vonden een effect van S-R compatibiliteit, ook Soetens, Boer en Hueting (1985) stelden in een seriële keuzereactietijd- taak reeds vast dat het

sequentieel effect bij een incompatibele mapping groter was dan bij een compatibele. Willingham et al. (1989) en Keele en zijn medewerkers (1995) verwezen eveneens naar een mogelijke invloed van het responsselectie-stadium bij sequentieel leren. Ondanks het feit dat er in de literatuur aanwijzingen zijn voor een mogelijke betrokkenheid van responsselectie bij sequentieel leren, werd er tot op heden weinig aandacht aan besteed. Wij trachten in onze studie na te gaan wat juist de betrokkenheid is van stimulusidentificatie en responsselectie bij sequentieel leren. In volgende paragraaf verduidelijken we de doelstelling van ons onderzoek en beschrijven we onze hypothesen.

## **1.8 Doelstelling en hypothesen**

Aan de hand van twee SRT-taken willen we in deze studie nagaan wat de invloed is van de stimulusidentificatie en de responsselectie op sequentieel leren. Ons onderzoek bestaat uit drie condities, waar telkens een probabilistische sequentie gebruikt wordt. De controle conditie is een standaard SRT-taak, waar een stimulus, in dit geval een zwart bolletje, op één van vier horizontaal georganiseerde locaties verschijnt. Er moet een reactie gegeven worden aan de hand van vier spatieel compatibele responsleutels. Om de invloed van de responsselectie en de stimulusidentificatie na te gaan, baseren we ons op de AFM-logica van Sternberg (1969). Hiervoor manipuleren we enerzijds de S-discriminabiliteit en anderzijds de S-R compatibiliteit.

De S-R compatibiliteit is een variabele die een invloed uitoefent op de responsselectie. Volgens de dimensionale overlap theorie van Kornblum et al. (1990) zijn de reacties sneller en nauwkeuriger bij een compatibele mapping dan bij een incompatibele, omdat bij een compatibele mapping de responscode automatisch geactiveerd wordt door de stimuluslocatie, waardoor de responsselectie automatisch verloopt. Bij een incompatibele mapping is dit echter niet het geval. Hier wordt de foute responscode geactiveerd door de stimuluslocatie. Deze moet vervolgens eerst geïnhibeerd worden opdat de juiste taakgerelateerde respons geselecteerd kan worden. De responsselectie verloopt hier dus veel moeilijker dan bij een compatibele mapping. Als de compatibiliteit het leereffect beïnvloedt, verwachten we dat er een groter leereffect zal zijn bij een incompatibele mapping dan bij een compatibele. Juist omdat de responsselectie veel moeilijker is bij een incompatibele mapping dan bij een compatibele, zal men bij S-R incompatibiliteit meer winst hebben bij de aanwezigheid van

een sequentie, dan wanneer de stimuli aangeboden worden in random volgorde. Doordat men zich kan beroepen op de sequentiële structuur zal het responsselectieproces sneller verlopen. Daarom veronderstellen we dat het leereffect in de S-R incompatibele conditie groter zal zijn dan in de controle conditie, waar een compatibele mapping gebruikt wordt.

Indien alleen responsselectie betrokken is bij sequentieel leren, zou het beïnvloeden van de discriminabiliteit geen invloed mogen hebben op het leereffect, daar uit de additieve factoren methode blijkt dat S-discriminatie en S-R compatibiliteit twee onderscheidbare variabelen zijn die elk een selectieve invloed uitoefenen op een ander informatieverwerkingsproces, respectievelijk stimulusidentificatie en responsselectie. Het beïnvloeden van de discriminabiliteit, door het verkleinen van de afstand tussen de stimuluslocaties, heeft een invloed op het stimulusidentificatie-stadium en niet op de responsselectie, waardoor we geen interactie verwachten met het leereffect. We veronderstellen dan ook dat het leereffect in de S-indiscriminabele conditie en de controle conditie niet van elkaar zullen verschillen.

De AFM-logica stelt dat twee variabelen interactief zijn als ze minstens één gemeenschappelijk stadium beïnvloeden. Wanneer een variabele die een invloed uitoefent op een stadium van de informatieverwerking interageert met een andere variabele, kunnen we dus stellen dat beide variabelen dat stadium beïnvloeden. Toegepast op onze studie betekent dit dat als het leereffect beïnvloed wordt door de compatibiliteit, het leereffect en de compatibiliteit interageren. Aangezien de compatibiliteit uitsluitend een invloed heeft op de responsselectie, zouden we kunnen stellen dat het leereffect gelegen is in de responsselectie. Als deze veronderstelling klopt, dan zou de S-discriminabiliteit niet mogen interageren met het leereffect, daar de discriminabiliteit een invloed uitoefent op de stimulusidentificatie en niet op de responsselectie. Dit houdt in dat het leereffect even groot zou moeten blijven wanneer de discriminabiliteit gemanipuleerd wordt.

## **2. Onderzoeksopzet**

---

### **2.1 Proefpersonen en ethiek**

Aan het experiment namen 45 studenten en 3 doctoraatsstudenten van de Vrije Universiteit Brussel (VUB) op vrijwillige basis deel, waarvan 15 mannelijk. Hun leeftijd varieerde tussen 18 en 24 jaar, met een gemiddelde leeftijd van 20,8 jaar. Zeven personen waren linkshandig. De proefpersonen werden willekeurig toegewezen aan de drie verschillende condities. De controle conditie telde 14 personen, de S-R incompatibele conditie 15 personen en de S-indiscriminabele conditie 16 personen. Allen waren naïeve deelnemers en hadden bijgevolg geen ervaring met dergelijk proefopzet. De selectie van de deelnemers gebeurde aan de hand van een aantal criteria. Mogelijke kandidaten moesten student zijn aan de VUB, tussen 18 en 30 jaar oud met een goed of gecorrigeerd zicht. Ze moesten in een normale algemene gezondheidstoestand verkeren en mochten geen student psychologie of opvoedkunde zijn. De deelnemers dienden een akkoordverklaring te ondertekenen waarin stond op de hoogte te zijn van het verloop van het experiment, de gestelde voorwaarden en de vrijwillige basis van deelname (akkoord- en instemmingverklaring, zie bijlagen). De nodige informatie over de inhoud van het experiment werd bij aanvang van het experiment overhandigd. Na het experiment volgde een debriefing waarin het doel van het onderzoek werd onthuld. Bij het beëindigen van het volledige experiment ontvingen de proefpersonen een vergoeding van 5 euro. Het onderzoek werd goedgekeurd door de Ethische Commissie van de VUB.

### **2.2 Apparatuur en stimulusmateriaal**

Het experiment vond plaats in het psychologisch laboratorium van de VUB, campus Etterbeek. De testafname gebeurde individueel. Elke proefpersoon nam plaats in een geluidsloze ruimte met gedimd licht waar zich een computer bevond. De drie experimentele condities werden uitgevoerd op een computer met een scherm van 17 inch. Alle experimentele condities werden geprogrammeerd met de software van E-Prime 1.1 (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002).

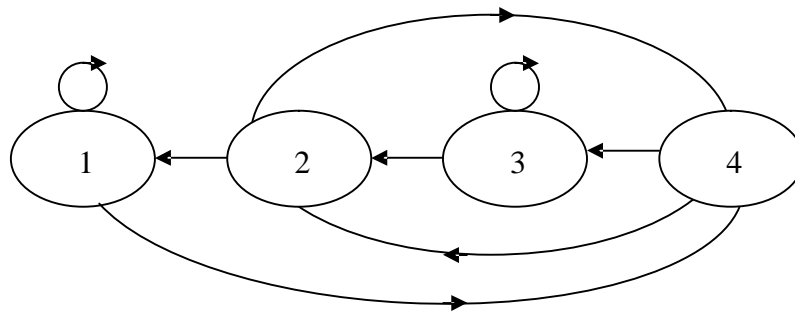
In de drie experimentele condities was de stimulus een zwarte bol van 0,9 cm diameter (visuele hoek van 0,9°) die op één van vier locaties op het scherm verscheen, tegen een grijze

achtergrond. Ter hoogte van de vier stimuli stond permanent een fijne zwarte horizontale lijn van 1 mm op het scherm. Deze fungeerde als verticaal referentiepunt zodat de blik van de proefpersonen gericht bleef op de horizontale stimuluslocaties en er geen verticale zoekactie moest plaatsvinden. De afstand tot het scherm bedroeg ongeveer 60 cm bij alle proefpersonen.

### **2.3 Procedure**

Voor de aanvang van het experiment kregen de proefpersonen de instructie de wijs- en middenvinger van elke hand te plaatsen op de vier responsleutels. Er werd hen gevraagd de toets in te drukken die overeenstemde met de locatie waar de stimulus verscheen. Nauwkeurigheid en snelheid werden hierbij benadrukt. Vervolgens verscheen de stimulus, die op het scherm bleef staan tot een, al dan niet correcte, respons gegeven werd. Het Respons-Stimulus Interval (RSI) bedroeg 50 ms. Na een foute respons volgde een toon van 100 Hz, waarna de volgende stimulus verscheen. Wanneer er geen respons gegeven werd binnen drie seconden, verdween de stimulus en werd de trial als fout aangerekend. De reactietijden en het aantal fouten werden na elk blok geregistreerd.

Het experiment bestond uit twee oefenblokken van elk 50 trials en 15 experimentele blokken van telkens 100 trials. Na het lezen van de instructies ving het experiment aan met twee oefenblokken, waar de stimuli in willekeurige volgorde (random) werden aangeboden. Na deze oefenblokken volgden de 15 experimentele blokken waaronder één random blok (Blok 13), waar de trials elkaar in willekeurige volgorde opvolgden, en 14 sequentiële blokken, waar de trials een probabilistische sequentie volgden. Deze sequentie bestond uit 167 stimuli met beperkingen op de eerste orde en werd opgesteld op basis van een artificiële grammatica. Beperkingen op de eerste orde houden in dit experiment in dat elke stimulus slechts gevolgd kan worden door twee van de vier alternatieven (zie Figuur 2). Zoals blijkt uit Figuur 2 kan Stimuluslocatie 1 bijvoorbeeld uitsluitend gevolgd worden door zichzelf of door Locatie 4, maar niet door de overige twee locaties. Er bestaat dus 50% kans dat één van beide alternatieven optreedt. Dezelfde sequentie werd voortdurend herhaald. Dit houdt in dat het eerste blok stopt met trial 100 van de sequentie en dat het tweede blok begint met trial 101 tot trial 167, waarna de sequentie hervat wordt bij de eerste trial. Voor elk blok verscheen een instructie met de vraag zo snel mogelijk te reageren en werden de responsleutels herhaald die werden toegekend aan de stimuluslocaties.

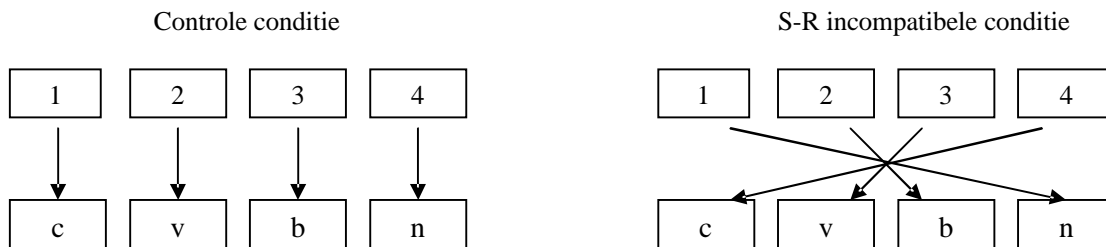


*Figuur 2 Beperking op de eerste orde:*

*Elke stimulus kan slechts gevolgd worden door twee alternatieven*

In de controle conditie verscheen de doelstimulus op één van vier locaties op een horizontale rij op het scherm, 12 cm van de onderzijde van het scherm, waarnaar wordt verwezen door middel van locatie één tot vier van links naar rechts. De vier stimuluslocaties werden van elkaar gescheiden door 4,5 cm met een visuele hoek van  $4,3^\circ$ . De stimuli waren duidelijk zichtbaar en de vier locaties konden duidelijk van elkaar onderscheiden worden. De respons moest gegeven worden door één van de vier respons sleutels in te drukken. Het toetsenbord was zo voor het scherm geplaatst dat de vier respons sleutels zich onder de corresponderende stimuli bevonden. De lettertoetsen ‘c’, ‘v’, ‘b’ en ‘n’ werden gebruikt, overeenstemmend met locatie één tot en met vier. De deelnemers reageerden op locatie één en twee met respectievelijk de midden- en wijsvinger van de linkerhand en op locatie drie en vier met respectievelijk de wijs- en middenvinger van de rechterhand.

In de S-R incompatibele conditie voerden de deelnemers dezelfde seriële reactietijdtaak uit zoals beschreven staat in de controle conditie. De S-R mapping was hier echter spatieel incompatibel omdat de deelnemers op locaties één en twee moesten reageren met respectievelijk de midden- en wijsvinger van de rechterhand en op locatie drie en vier met respectievelijk de wijs- en middenvinger van de linkerhand. Het verschil tussen een compatibele en incompatibele mapping wordt geïllustreerd in Figuur 3.



*Figuur 3 S-R mapping in de controle conditie en de S-R incompatibele conditie: De stimuluslocaties zijn genummerd van één tot vier van links naar rechts en de responsleutels worden aangeduid met de letters op het toetsenbord, eveneens van links naar rechts. De pijlen geven aan met welke responsleutel gereageerd moest worden op de vier locaties.*

De manipulatie die in de S-indiscriminabele conditie werd aangebracht was het verkleinen van de afstand tussen de vier stimuli. Ze werden van elkaar gescheiden door een ruimte van 7 mm met een visuele hoek van  $0,7^\circ$  in plaats van 4,5 cm of een hoek van  $4,3^\circ$  in de controle en incompatibele conditie. De respons werd gegeven met de responsleutels zoals werd beschreven in de controle conditie.

Na elk blok kreeg de proefpersoon feedback over de snelheid en nauwkeurigheid van dat blok. De gemiddelde reactietijd verscheen telkens op het scherm met de mededeling dat, als de RT kleiner was dan 501 ms, er snel genoeg gereageerd werd, maar dat het nog sneller mocht. Als de RT groter was dan 500 ms verscheen het bericht dat men sneller moest proberen te reageren. Telkens verscheen ook het aantal fouten op het scherm met de vermelding dat men voldoende nauwkeurig was wanneer men minder dan 5% fouten maakte in de controle en de S-R incompatibele conditie en minder dan 10% fouten maakte in de S-indiscriminabele conditie of dat ze moesten trachten minder fouten te maken wanneer het foutenpercentage hoger lag. Tussen elk blok was er een pauze van 30 seconden. Het volledige experiment duurde ongeveer 30 minuten. Na afloop van het experiment vulde elke deelnemer een vragenlijst in die peilde naar de idee over het doel van het experiment en naar expliciete kennis over de sequentie en volgde de debriefing (zie bijlage).

## **2.4 Proefopzet**

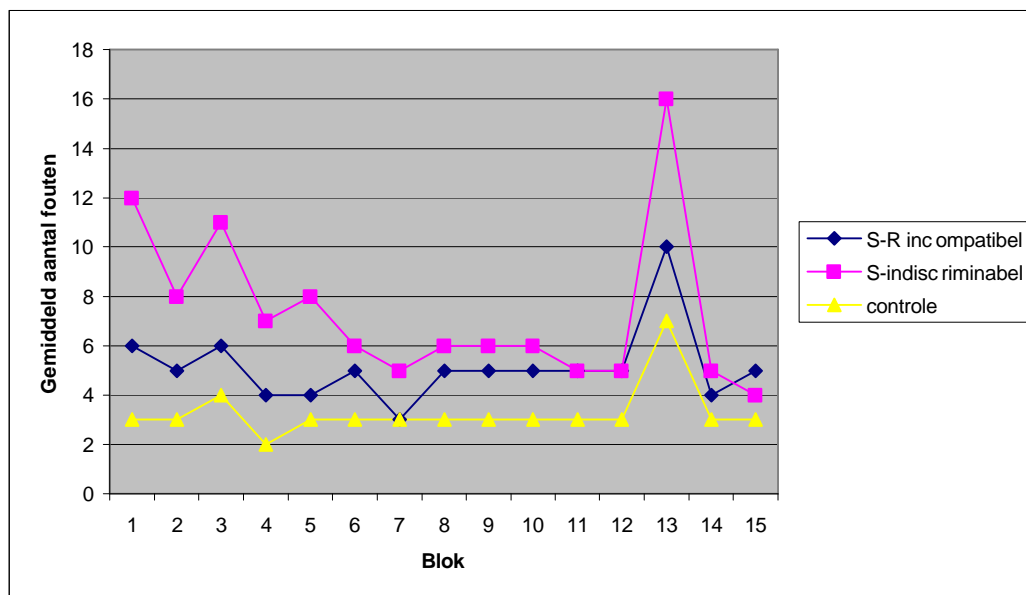
In deze studie werd gebruik gemaakt van een within-subjects manipulatie van de sequentie om het leereffect na te gaan. Na twaalf sequentiële blokken werd een random blok aangeboden, waarna er weer twee blokken volgden met sequentie. Het leren van de stimulussequentie werd onderzocht door de gemiddelde reactietijd in het random blok te

vergelijken met de gemiddelde reactietijd van het blok dat aan het random blok vooraf gaat en dat erop volgt. De onafhankelijke variabelen die between-subjects gemanipuleerd werden, zijn de afstand tussen de stimuli (kleine afstand versus duidelijk onderscheidbaar) en de S-R mapping (compatibel en incompatibel). De afhankelijke variabelen waren in alle condities de reactietijd en de responsnauwkeurigheid.

## 3. Resultaten

### 3.1 Responsnauwkeurigheid

Drie van de proefpersonen voldeden niet aan het criterium van nauwkeurigheid. In de S-R incompatibele conditie overschreed één persoon de grens van 5% fouten. Twee personen uit de S-indiscriminabele conditie overschreden het 10% fouten criterium. Deze drie personen werden niet opgenomen in de verdere analyses. De behaalde nauwkeurigheid lag in de drie condities binnen het vooropgestelde criterium. Het algemene foutenpercentage was 5,21% ( $SD= 2.63$ ) met 4,89% ( $SD= 2.19$ ) fouten in de S-R incompatibele conditie; 7,18% ( $SD= 2.64$ ) fouten in de S-indiscriminabele conditie en 3,31% ( $SD= 1.19$ ) fouten in de controle conditie. Alle proefpersonen haalden een gemiddelde nauwkeurigheid van 89% of beter. De correlatie tussen de foutenpercentages en de reactietijden was positief voor de S-indiscriminabele conditie ( $r =.93, p<.01$ ) en de controle conditie ( $r =.60, p<.05$ ), maar afwezig in de S-R incompatibele conditie ( $r =.25, ns.$ ). Per conditie werd voor elk blok het gemiddelde aantal fouten berekend, wat weergegeven wordt in Figuur 4.



Figuur 4 Aantal fouten per blok per conditie

Uit Figuur 4 blijkt dat het gemiddeld aantal fouten in de S-indiscriminabele conditie hoger ligt dan in de twee andere condities en dat dit aantal daalt doorheen de trainingsfase (alle blokken op uitzondering van Blok 13) voor deze conditie. Uit de resultaten van een

ANOVA met herhaalde metingen, met de 14 trainingsblokken als within-subjects factor en de drie condities als between-subjects factor, blijkt een hoofdeffect van blok [ $F(13,546)= 6,5494$ ;  $p<.01$ ]. Het foutenaantal daalt doorheen de blokken in de S-R incompatibele conditie [ $F(1,42)= 70,23056$ ;  $p<.01$ ] en in de S-indiscriminabele conditie [ $F(1,42)= 156,4427$ ;  $p<.01$ ]. Wat de trainingsfase in de controle conditie betreft stellen we vast dat het aantal fouten in Blok 3 en 4 afwijkt van de overige blokken [ $F(1,42)= 29,92626$ ;  $p<.01$ ]. Er is eveneens een hoofdeffect van groep [ $F(2,42)= 10,5214$ ;  $p<.01$ ]. Uit de resultaten van de post-hoc analyse met de Tukey blijkt dat het aantal fouten hoger ligt in de S-indiscriminabele conditie dan in de S-R incompatibele conditie ( $p<.05$ ) en de controle conditie ( $p<.01$ ). Er is geen significant verschil tussen het foutenaantal in de controle conditie en de S-R incompatibele conditie ( $p=.154$ ). We stellen ook een interactie-effect [ $F(26,546)= 2,3629$ ;  $p<.01$ ] vast waaruit we kunnen besluiten dat de sterkte van de daling van het aantal fouten doorheen de trainingsfase verschilt tussen de drie condities. De daling is significant groter in de S-indiscriminabele conditie dan in de S-R incompatibele conditie [ $F(1,42)= 7,181486$ ;  $p=.01$ ] en dan de controle conditie [ $F(1,42)= 20,69620$ ;  $p<.01$ ]. Het verschil in daling in het aantal fouten tussen de S-R incompatibele conditie en de controle conditie was slechts marginaal significant [ $F(1,42)= 3,566055$ ;  $p=.0658$ ]. Figuur 4 toont ons eveneens dat er een sterke stijging is van het aantal fouten in het random blok, Blok 13.

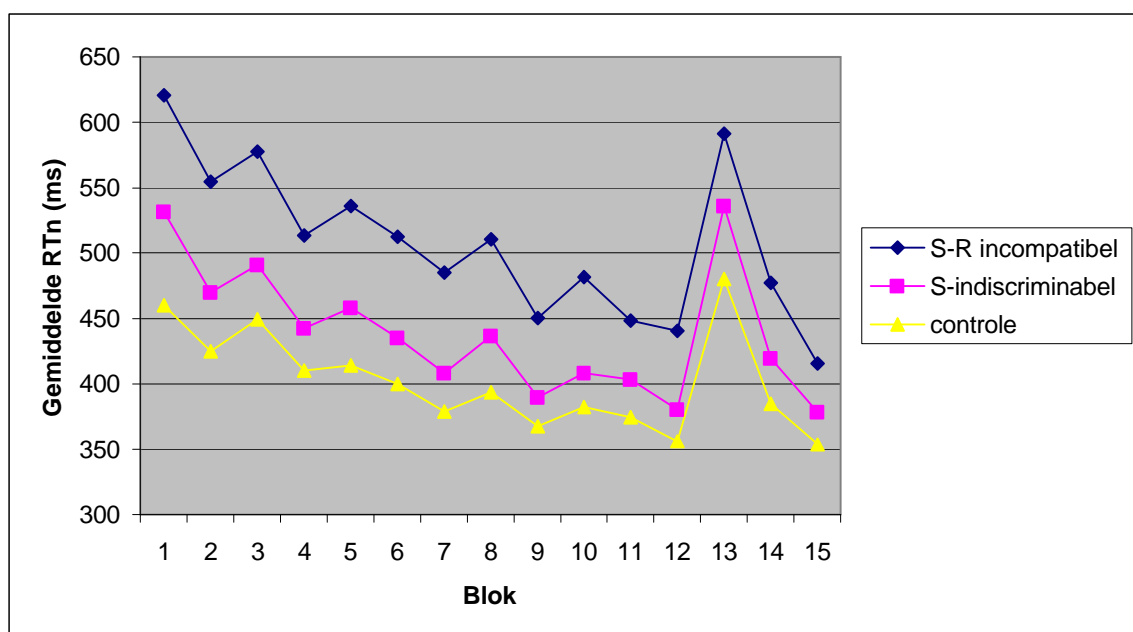
Om na te gaan of er sequentieel geleerd wordt in elke conditie, vergelijken we het aantal fouten in het random blok (Blok 13) met het gemiddelde van het aantal fouten van de twee omliggende sequentiële blokken (Blok 12 en 14) door middel van een contrastanalyse. De stijging van het aantal fouten in Blok 13 is, zoals ook blijkt uit Figuur 4, opmerkelijk. Het verschil in het aantal fouten tussen Blok 13 en het gemiddelde van Blok 12 en 14 bedraagt 5 fouten in de incompatibele conditie, 11 in de indiscriminabele conditie en 4 in de controle conditie. Uit de contrastanalyses blijkt dat er in de drie condities sprake is van een leereffect. Het aantal fouten in het random blok was significant groter dan in het voorgaande en volgende sequentiële blok in de S-R incompatibele conditie [ $F(1,42)= 34,29247$ ;  $p<.01$ ], de S-indiscriminabele conditie [ $F(1,42)= 117,6575$ ;  $p<.01$ ] en de controle conditie [ $F(1,42)= 12,19377$ ;  $p<.01$ ].

Zoals we ook kunnen afleiden uit Figuur 4, verschilt de grootte van het leereffect tussen de verschillende condities [ $F(1,42)= 132,5799$ ;  $p<.01$ ]. Aan de hand van drie contrastanalyses gingen we na welke leereffecten van elkaar verschillen. In tegenstelling tot onze

verwachtingen is het leereffect in de S-R incompatibele conditie en de controle conditie even groot [ $F(1,42)= 2,425442$ ;  $p = 0.126$ ]. We stellen dan ook in beide condities een verdubbeling vast van het aantal fouten in het random blok in vergelijking met de omliggende sequentiële blokken. Het aantal fouten in het random blok in de S-indiscriminabele conditie verdriedubbelt echter in vergelijking met de omliggende sequentiële blokken. Aangezien deze stijging van het aantal fouten veel sterker is in de S-indiscriminabele conditie dan in de overige twee condities, kunnen we een groter leereffect vaststellen in de S-indiscriminabele conditie dan in de controle conditie [ $F(1,42)= 23,61717$ ;  $p<.01$ ] en de S-R incompatibele conditie [ $F(1,42)= 11,14364$ ;  $p<.01$ ]. Daar we veronderstelden dat het leereffect in de S-R incompatibele conditie groter zou zijn dan in de S-indiscriminabele conditie en de controle conditie, zijn de resultaten tegenstrijdig met onze verwachtingen.

### 3.2 Reactietijden

Reacties sneller dan 100 ms en trager dan 1000 ms werden beschouwd als outliers en werden uitgesloten uit de verdere analyse. Foute trials en trials die volgen op een fout werden eveneens uitgesloten. De gemiddelde reactietijden werden voor elke proefpersoon per blok berekend. Per conditie werd vervolgens de gemiddelde reactietijd berekend voor elk blok. Deze gemiddelde reactietijden worden weergegeven in Figuur 5.



*Figuur 5 Reactietijden per blok per conditie*

Figuur 5 illustreert dat de proefpersonen kennis verwierven over de sequentie, wat blijkt uit de daling in de reactietijden doorheen de trainingsfase (alle blokken op uitzondering van Blok 13) bij de drie condities. Dit werd statistisch aangetoond aan de hand van een ANOVA met herhaalde metingen, met de 14 trainingsblokken als within-subjects factor en de drie condities als between-subjects factor. De resultaten tonen een hoofdeffect van groep [ $F(2,42)= 15,065$ ;  $p<.01$ ], wat volgens de post-hoc analyse met de Tukey toe te schrijven is aan de langere reactietijden in de S-R incompatibele conditie dan in de S-indiscriminabele conditie ( $p<.01$ ) en de controle conditie ( $p<.01$ ). De reactietijden in de controle conditie weken niet significant af van deze in de S-indiscriminabele conditie ( $p=.163$ ). Aansluitend bij onze verwachting dat er een reactietijddaling zou plaatsvinden in elke conditie, stellen we vast dat er een hoofdeffect is van blok [ $F(13,546)= 174,978$ ;  $p<.01$ ], wat er op wijst dat de reactietijden afnemen doorheen de trainingsfase in de S-R incompatibele conditie [ $F(1,42)= 1361,258$ ;  $p<.01$ ], de S-indiscriminabele conditie [ $F(1,42)= 1078,700$ ;  $p<.01$ ] en de controle conditie [ $F(1,42)= 793,8433$ ;  $p<.01$ ]. Ten slotte vinden we ook een interactie-effect [ $F(26,546)= 5,204$ ;  $p<.01$ ]. De grootte van de reactietijddaling doorheen de trainingsfase is groter in de S-R incompatibele conditie dan in de S-indiscriminabele conditie [ $F(1,42)= 13,39607$ ;  $p<.01$ ] en de controle conditie [ $F(1,42)= 28,85450$ ;  $p<.01$ ]. Het verschil in daling in reactietijd tussen de S-indiscriminabele conditie en de controle conditie was marginaal significant [ $F(1,42)= 3,460160$ ;  $p=.0698$ ]. Uit Figuur 5 kunnen we ten slotte ook afleiden dat de reactietijden sterk stijgen in het random blok (13).

Om het leereffect van de sequentie per conditie na te gaan, werd de reactietijd van het random blok (Blok 13) vergeleken met het gemiddelde van de reactietijden van het voorgaande en het volgende sequentiële blok (Blok 12 en 14) door middel van een contrastanalyse. Er is een opmerkelijk verschil in reactietijd tussen het random blok en de omliggende sequentiële blokken in de drie condities. Dit reactietijdverschil bedroeg in de controle conditie 109,695 ms, in de S-R incompatibele conditie 132,71 ms en in de S-indiscriminabele conditie 136,005 ms. Zoals verwacht vinden we in de drie condities een sequentieel leereffect. Zowel in de S-R incompatibele conditie [ $F(1,42)= 264,5491$ ;  $p<.01$ ], als de S-indiscriminabele conditie [ $F(1,42)= 296,3600$ ;  $p<.01$ ] en de controle conditie [ $F(1,42)= 168,7085$ ;  $p<.01$ ] reageerden de proefpersonen significant trager op de stimuli in het random blok dan in het voorgaande en volgende sequentiële blok.

Zoals ook blijkt uit Figuur 5 verschilt de grootte van het leereffect tussen de verschillende condities [ $F(1,42)= 714,8483$ ;  $p<.01$ ]. Uit de resultaten van de contrastanalyse blijkt dat het verschil tussen het leereffect in de S-R incompatibele conditie en de controle conditie marginaal significant [ $F(1,42)= 3,839894$ ;  $p= 0.056$ ] is, wat aansluit bij onze verwachtingen. Anderzijds veronderstelden we dat er geen verschil in leereffect zou zijn tussen de S-indiscriminabele conditie en de controle conditie. Het leereffect in de S-indiscriminabele conditie blijkt echter significant groter dan het leereffect in de controle conditie [ $F(1,42)= 5,173316$ ;  $p<.05$ ], waardoor we onze hypothese niet kunnen bevestigen. Het leereffect in de S-R incompatibele en in de S-indiscriminabele conditie [ $F(1,42)= 0,084030$ ;  $p= 0.773$ ] zijn even groot, wat eveneens in tegenstelling is met wat we verwachtten.

Uit deze resultaten blijkt dat we geen volledige ondersteuning vinden voor onze hypothesen. Mogelijke verklaringen voor onze bevindingen en de vergelijking van deze gegevens met die uit voorgaand onderzoek zullen behandeld worden in het volgende hoofdstuk.

## 4. Bespreking

---

In onze studie gaan we de betrokkenheid na van de stimulusidentificatie en de responsselectie bij sequentieel leren. Hiervoor baseren we ons op de Additieve Factoren Methode (AFM) van Sternberg (1969) die verschillende onafhankelijke verwerkingsstadia onderscheidt, waaronder de stimulusidentificatie en de responsselectie. Onze hypothesen werden slechts gedeeltelijk bevestigd. Zoals we verwacht hadden, was het leereffect in de S-R incompatibele conditie groter dan in de controle conditie, wat de betrokkenheid van responsselectie bij sequentieel leren doet vermoeden. Anderzijds was het leereffect in de S-indiscriminabele conditie eveneens groter dan in de controle conditie, wat tegenstrijdig is met wat we verwachtten. We veronderstelden dat het beïnvloeden van de stimulusidentificatie geen effect zou hebben op het leren. Dit houdt in dat het leereffect in de S-indiscriminabele conditie even groot had moeten zijn als dat in de controle conditie. Dit is echter niet het geval. Het lijkt ons echter voorbarig om uit deze resultaten te besluiten dat zowel de responsselectie als de vroege perceptuele processen betrokken zijn bij sequentieel leren. Mogelijk werden niet uitsluitend de identificatieprocessen beïnvloed in de indiscriminabele conditie, maar was ook de responsselectie moeilijker, wat geleid kan hebben tot een groter leereffect. Deze en andere benaderingen zullen in dit hoofdstuk besproken worden.

### **4.1 Sequentieel leren en S-R compatibiliteit**

#### **4.1.1 Verklaring van het leereffect volgens de AFM-logica**

Om na te gaan wat de invloed is van het responsselectie-stadium op sequentieel leren, baseren we ons op de AFM-logica van Sternberg (1969). Hij gaat ervan uit dat het informatieverwerkingsproces bestaat uit een reeks van serieel geordende, onafhankelijke stadia. De responsselectie is één van deze informatieverwerkingsstadia en wordt onder andere beïnvloed door de S-R compatibiliteit. Bij het manipuleren van deze compatibiliteit in een spatiële SRT-taak stellen we vast dat het leereffect bij een incompatibele mapping groter is dan bij een compatibele, wat in overeenstemming is met onze verwachtingen.

Tijdens de trainingsfase is bij een incompatibele mapping de daling van de reactietijden en het aantal fouten sterker dan in de controle conditie met compatibele mapping. Wanneer er na 12 sequentiële blokken onverwacht overgeschakeld wordt naar een random blok, waar de

stimuli in willekeurige volgorde verschijnen, merken we een sterke stijging van de reactietijden en het aantal fouten. We kunnen bijgevolg stellen dat er sprake is van sequentieel leren en dat de daling doorheen de trainingsfase niet louter het gevolg is van algemene oefeneffecten. We hadden verwacht een verschil in leereffect te vinden tussen de S-R incompatibele conditie en de controle conditie, zowel wat betreft de reactietijden als het aantal fouten. Met betrekking tot het aantal fouten blijkt echter dat de leereffecten in beide condities niet significant van elkaar afwijken. Dat we hier geen verschil terugvinden, zou het gevolg kunnen zijn van het benadrukken van de nauwkeurigheid tijdens het uitvoeren van de SRT-taak. Wat de reactietijden betreft vinden we wel een groter leereffect terug in de S-R incompatibele conditie dan in de controle conditie, wat in overeenstemming is met onze verwachtingen.

Volgens de AFM-logica vindt hier een interactie plaats tussen het leereffect en de S-R compatibiliteit, omdat het leereffect groter is bij een incompatibele mapping dan bij een compatibele mapping. Als het leereffect interageert met de S-R compatibiliteit, dan houdt dit in dat ze allebei hetzelfde stadium in de informatieverwerking beïnvloeden, namelijk de responsselectie. Daarom kunnen we uit deze resultaten voorlopig besluiten dat het leereffect gelegen is in het responsselectie-stadium, wat in overeenstemming is met onze verwachtingen.

#### 4.1.2 Betrokkenheid van responsselectie bij sequentieel leren?

Ook in de literatuur vinden we enkele aanwijzingen dat responsselectie een belangrijke rol speelt bij sequentieel leren, wat aansluit bij onze bevindingen. In 1989 kwamen Willingham et al. reeds tot de vaststelling dat sequentieel leren noch zuiver perceptueel, noch zuiver motorisch is, maar dat het mogelijk gebaseerd is op een informatieverwerkingsproces dat optreedt tussen waarneming en actie, zoals de responsselectie. Tot dit besluit kwamen ze toen bleek dat de proefpersonen uit de responsconditie, waar de responsen in de trainingsfase een gestructureerde sequentie volgden, tijdens de transfertaak even snel reageerden op de locatie van een stimulus als de proefpersonen waarbij de responssequentie in de trainingsfase random was. Dit was opmerkelijk omdat het dezelfde responssequentie betrof in zowel de trainings- als de transferfase. Als het leren volledig gestuurd zou worden door het motorische

systeem, dan hadden de proefpersonen uit de responsconditie tijdens de transfertaak sneller moeten reageren dan de proefpersonen in de twee andere groepen.

Ook Keele et al. (1995) vermoedden dat sequentieel leren beïnvloed wordt door een informatieverwerkingstadium dat optreedt voor er een motorische actie uitgevoerd wordt. Zij vonden in hun derde experiment een extreme transfer van leren als er overgeschakeld werd van een manuele respons naar een vocale respons. Omdat deze transfer plaatsvindt bij extreme responsverandering, veronderstelden zij dat sequentieel leren niet zuiver motorisch kan zijn. Het belang van responsgerelateerde processen kon echter niet ontkend worden omdat er geen sprake was van een volledige transfer. Keele en zijn collega's besloten dat het leren van een sequentie waarschijnlijk gecodeerd wordt in een stadium dat vooraf gaat aan de keuze van het effector-systeem dat de beweging uitvoert. Ze veronderstelden dat niet zozeer de sequentie van specifieke responsen geleerd wordt, maar eerder een sequentie van geplande acties. Ervaring met een perceptueel-motorische sequentie zou volgens Keele et al. leiden tot de ontwikkeling van motorische anticipatie en een snelle responsselectie.

Zoals blijkt uit de zonet beschreven studies vonden verscheidene onderzoekers reeds aanwijzingen dat sequentieel leren mogelijk gebaseerd is op een informatieverwerkingsstadium dat optreedt tussen perceptie en actie. Desondanks werd deze hypothese tot op heden nog niet systematisch onderzocht. Uit enkele studies blijkt echter wel dat sequentieel leren mogelijk beïnvloed wordt door S-R compatibiliteit, een variabele die een invloed uitoefent op het responsselectieproces.

#### 4.1.3 De invloed van S-R compatibiliteit

Soetens, Boer en Hueting (1985) stelden in een seriële keuzereactietijd- taak reeds vast dat het sequentieel effect bij een incompatibele mapping groter was dan bij een compatibele. Ook Koch en Hoffman (2002) vonden een effect van S-R compatibiliteit en kwamen tot dezelfde vaststelling in een SRT-taak, namelijk dat er bij een incompatibele mapping meer sequentieel leren plaatsvindt dan bij een compatibele mapping. Onze resultaten sluiten aan bij beide bevindingen.

Uit het dimensionele overlap model van Kornblum et al. (1990) blijkt dat de responsselectie moeilijker is bij een incompatibele mapping dan bij een compatibele. De proefpersonen in de S-R incompatibele conditie zullen dan ook meer winst hebben bij de

aanwezigheid van een sequentie omdat het voorspellen van de komende respons er van groter belang is dan bij een compatibele mapping. Door het leren van de sequentie verwerven deze proefpersonen kennis over welke respons geselecteerd moet worden bij de volgende trial, waardoor de reactietijden sterker zullen dalen tijdens de trainingsfase. Bij de aanbieding van een random blok kunnen ze geen beroep meer doen op deze sequentiële kennis. Aangezien de responsselectie bij een incompatibele mapping moeilijker is, zullen de reactietijden in dit random blok sterker stijgen dan bij een compatibele mapping, waar de responsselectie automatisch verloopt. Dit zal vervolgens tot uiting komen in een groter leereffect bij een incompatibele mapping dan bij een compatibele mapping, wat we kunnen bevestigen aan de hand onze resultaten.

Aangezien S-R compatibiliteit een belangrijke invloed heeft op sequentieel leren en het een variabele is die het responsselectie-stadium beïnvloedt, lijkt het waarschijnlijk dat responsselectie betrokken is bij sequentieel leren. Als alleen de responsselectie betrokken is bij sequentieel leren, dan zou het beïnvloeden van het stimulusidentificatie-stadium, conform de AFM-logica, geen effect mogen hebben op het leereffect aangezien de responsselectie hier niet beïnvloed wordt. Dit hebben we onderzocht door de discriminabiliteit te manipuleren, wat beschreven wordt in volgende paragraaf.

## **4.2 Sequentieel leren en S-discriminabiliteit**

### **4.2.1 Verklaring van het leereffect volgens de AFM-logica**

Niet uitsluitend de S-R compatibiliteit, maar ook de discriminabiliteit werd in onze studie gemanipuleerd om de betrokkenheid van de stimulusidentificatie en de responsselectie bij sequentieel leren te bestuderen. Deze discriminabiliteit is een variabele die, volgens de AFM, een invloed uitoefent op het stimulusidentificatie-stadium, terwijl de S-R compatibiliteit het responsselectieproces beïnvloedt. Tegen onze verwachtingen in blijkt het leereffect in de S-indiscriminabele conditie groter te zijn dan dat in de controle conditie.

De reactietijden en het aantal fouten dalen sterk tijdens de trainingsfase in de S-indiscriminabele conditie. Wanneer er na 12 sequentiële blokken onverwacht een random blok wordt aangeboden, waar de stimuli in willekeurige volgorde verschijnen, stellen we zowel een sterke stijging vast van de reactietijden als van het aantal fouten. In deze S-

indiscriminabele conditie is de daling doorheen de trainingsfase dus niet louter te wijten aan oefeneffecten, maar vindt er eveneens sequentieel leren plaats. Uit de vergelijking van het leereffect in de S-indiscriminabele conditie met dat in de controle conditie kunnen we, zowel wat de reactietijden als wat het aantal fouten betreft, vaststellen dat het leereffect groter is in de S-indiscriminabele conditie. Dit is tegen onze verwachtingen, gezien we veronderstelden dat het leren van sequentiële informatie beïnvloed wordt door de responsselectie en niet door de stimulusidentificatie.

Volgens het interactieprincipe van het AFM-model zou het verschil in leereffect tussen de controle conditie en de S-indiscriminabele conditie kunnen wijzen op een mogelijk belang van de vroege perceptuele processen bij sequentieel leren. In het kader van de perceptueel-motorisch controverse met betrekking tot de lokalisatie van sequentieel leren, hebben verschillende onderzoekers het bestaan van (zuiver) perceptueel leren reeds trachten aan te tonen.

#### 4.2.2 Betrokkenheid van perceptuele processen bij sequentieel leren?

Dat we zowel een groter leereffect terug vinden bij het beïnvloeden van de discriminabiliteit als bij het beïnvloeden van de responsselectie, zou er eventueel op kunnen wijzen dat naast responsgerelateerde processen ook perceptuele processen een rol spelen bij sequentieel leren. Mayr (1996) is één van de onderzoekers die aantoonde dat zowel de associaties tussen opeenvolgende stimuli als tussen opeenvolgende responsen parallel geleerd kunnen worden. Hij maakte hierbij gebruik van een taak waarbij de proefpersonen moesten reageren op de identiteit van een stimulus die op vier locaties kon verschijnen. De volgorde van de objecten en deze van de locaties waren opgebouwd volgens twee verschillende, niet-gecorrleerde sequenties om de eventuele bijdrage van beide vormen van leren van elkaar te scheiden. De resultaten toonden een significante reactietijdstijging als beide sequenties apart en simultaan overschakelden naar een random volgorde. Enerzijds stelde hij vast dat perceptueel en motorisch leren tegelijk kunnen plaatsvinden. Anderzijds besloot hij ook dat zuiver perceptueel leren kan plaatsvinden, omdat de locatiesequentie geleerd werd zonder dat deze een respons vereiste. Ook Remillard (2003) vond ondersteuning voor het bestaan van zuiver perceptueel leren. Hij toonde net als Mayr aan dat proefpersonen in staat waren om een locatiesequentie te leren, hoewel deze onafhankelijk was van motorische responsen.

In tegenstelling tot de bevindingen van Mayr (1996) en Remillard (2003) kunnen wij niet besluiten dat sequentieel leren zuiver perceptueel is. Bij het gebruik van een incompatibele mapping blijkt het leereffect groter te zijn dan in de controle conditie, wat wijst op de invloed van responsgerelateerde processen, meer bepaald de responsselectie. Onze resultaten sluiten de invloed van vroege perceptuele processen op sequentieel leren echter niet uit, omdat ook in de S-indiscriminabele conditie het leereffect groter is dan in de controle conditie. Aangezien er in onze studie een interactie optreedt tussen het leereffect en de discriminabiliteit enerzijds en tussen het leereffect en de S-R compatibiliteit anderzijds, lijken ook wij evidentie te bekomen voor het bestaan van perceptueel en motorisch leren. Er zijn echter enkele alternatieve verklaringen die onze resultaten zouden kunnen verklaren.

#### 4.2.3 Alternatieve verklaringen

Aangezien we veronderstellen dat het responsselectie-stadium een belangrijke rol speelt bij sequentieel leren, had enkel het gebruik van een incompatibele mapping mogen leiden tot een groter leereffect. Het verkleinen van de afstand tussen de stimuli had echter ook een beïnvloeding van het leereffect tot gevolg, in die zin dat het leereffect eveneens groter was in de S-indiscriminabele conditie dan in de controle conditie. We hadden echter verwacht dat hier geen verschil in leereffect zou optreden. Er zijn drie mogelijke argumentaties die geformuleerd kunnen worden ter verklaring van deze resultaten, die elk verder toegelicht zullen worden.

##### *5.2.3.1 Invloed van S-R compatibiliteit op de indiscriminabele conditie*

Waarschijnlijk werd in de S-indiscriminabele conditie niet uitsluitend de discriminabiliteit gemanipuleerd, maar ook de S-R compatibiliteit en was de manipulatie bijgevolg niet zuiver perceptueel. Rüsseler et al. (2002) manipuleerden, net als in ons experiment, de afstand tussen de stimuli en veronderstelden dat er meer sequentieel leren zou optreden als de afstand tussen de stimuli vergrootte. Dit zou er volgens hen op kunnen wijzen dat oogbewegingen of aandachtssprongen bijdragen tot de veranderingen in het leereffect. Zij kwamen echter tot de vaststelling dat het manipuleren van de inter-stimulus afstand geen effect had op het leren. Dat in onze S-indiscriminabele conditie meer geleerd wordt bij het verkleinen van de afstand, is niet enkel tegenstrijdig met de bevindingen van Rüsseler et al. (2002), maar ook met deze

van Deroost en Soetens (2004). Deze onderzoekers stelden eveneens vast dat het manipuleren van de afstand geen effect had op de mate van leren. Dit stemt overeen met onze veronderstelling dat het leereffect niet beïnvloed wordt wanneer de afstand tussen de stimuli gemanipuleerd wordt. Het verkleinen of vergroten van deze afstand oefent een invloed uit op de stimulusidentificatie. Daar de S-R mapping hier compatibel is en discriminabiliteit en compatibiliteit een invloed hebben op verschillende informatieverwerkingsstadia, wordt het responsselectie-stadium niet beïnvloed en blijft er een dimensionele overlap tussen de stimulus en responscode bestaan. Wanneer we onze SRT-taak vergelijken met deze in de twee beschreven studies, blijkt echter wel dat de afstand tussen onze stimuli significant kleiner was dan in het design van Rüsseler et al. en Deroost et al. De kleinste afstand tussen de stimuli in het onderzoek van Rüsseler et al. (2002) bedroeg drie cm (visuele hoek van  $2,9^\circ$ ), terwijl deze in onze studie zeven mm bedroeg (visuele hoek van  $0,7^\circ$ ), wat opmerkelijk kleiner is.

De mogelijkheid bestaat dat de inter-stimulus afstand in onze studie te klein was, waardoor we ook de horizontale dimensie (links-rechts) gemanipuleerd hebben. Door de afstand tussen de stimuli te verkleinen tot 7 mm, zijn de stimuli niet alleen moeilijker te discrimineren, maar zijn eveneens de linkse en de rechtse stimuli niet goed meer van elkaar te onderscheiden. Dit heeft tot gevolg dat ook de S-R mapping voor hen incompatibel was en er bijgevolg geen dimensionele overlap bestond tussen stimulus- en responscode, waardoor de juiste respons niet automatisch geactiveerd werd. Het is dus mogelijk dat ook in deze conditie de responsselectie moeilijker was dan in de controle conditie.

Onze resultaten lijken bij deze veronderstellingen aan te sluiten. Niettegenstaande er in de instructie duidelijk nadruk gelegd werd op de nauwkeurigheid, ligt het aantal fouten in de indiscriminabele conditie hoger dan in de controle conditie en de incompatibele conditie. Tevens verdriedubbelde het aantal fouten in het random blok van de S-indiscriminabele conditie ten opzichte van de omliggende sequentiële blokken, terwijl dit slechts een verdubbeling betrof in de twee overige condities. Het grote aantal fouten in de S-indiscriminabele conditie kan mogelijk verklaard worden door het feit dat we twee informatieverwerkingsstadia manipuleerden, namelijk de identificatie en de responsselectie.

De hypothese dat zowel de S-discriminabiliteit als de S-R compatibiliteit beïnvloed werden in de S-indiscriminabele conditie, kunnen we nagaan door onze resultaten te vergelijken met deze van een gelijkaardig onderzoek met symbolische stimuli, uitgevoerd

door Barbara Brunelli. In haar studie moesten de proefpersonen reageren op de identiteit van de stimulus, namelijk de kleur. Het leereffect in haar S-indiscriminabele conditie verschilt niet van dat in de controle conditie, wat betekent dat haar manipulatie geen effect gehad heeft. Omdat in deze conditie gewerkt werd met een symbolische stimulus en een spatiële respons, is hier geen dimensionele overlap. Daaruit zouden we kunnen afleiden dat uitsluitend de discriminabiliteit gemanipuleerd werd en niet de responsselectie. Daar wij wel een significant groter leereffect bekwamen bij het manipuleren van de discriminabiliteit en Barbara niet, zou dit er op kunnen wijzen dat ook de S-R compatibiliteit moeilijker was in onze S-indiscriminabele conditie en dat we zowel het stadium van de stimulusidentificatie als dat van de responsselectie beïnvloed hebben.

#### *4.2.3.2 De locatie in spatiële SRT-taken*

In onze studie hebben we te maken met spatiële SRT-taken, waarbij de locatie een belangrijke factor is. Aan de proefpersonen wordt de instructie gegeven een respons te geven op een stimulus die kan verschijnen op één van vier horizontaal georganiseerde locaties. Een respons wordt gegeven door de responsleutel in te drukken die overeenstemt met de locatie waar de stimulus verschijnt. Bij een compatibele mapping bevindt de juiste responsleutel zich onder de stimuluslocatie en is er bijgevolg steeds sprake van een dimensionele overlap tussen stimulus- en responscode. De stimuluslocatie activeert automatisch de juiste responscode waardoor de responsselectie sneller en nauwkeuriger gebeurt. Bij een incompatibele mapping is dit niet het geval. Daar wijkt de plaats van de responsleutel af van de plaats van de stimulus. De responscode die automatisch geactiveerd wordt door de stimuluslocatie moet daardoor eerst geïnhibeed worden, alvorens de juiste taakgerelateerde respons geselecteerd kan worden. Zoals blijkt is de S-R compatibiliteit in deze taken moeilijk weg te redeneren. Dit heeft tot gevolg dat we in een spatiële SRT-taak, met spatiële stimuli en responsen, de perceptuele processen waarschijnlijk niet zuiver kunnen manipuleren, gezien de belangrijke rol van de locatie.

Daarom is het belangrijk dat we de S-R compatibiliteit trachten te omzeilen. Dit kan bijvoorbeeld door vocaal te antwoorden op de locatie van de stimulus, in plaats van door het indrukken van spatieel georganiseerde responsleutels. De stimuli waarop de proefpersonen moeten reageren kunnen identiek zijn aan deze in onze S-indiscriminabele conditie. De

respons echter wordt niet meer gegeven door het indrukken van vier horizontaal georganiseerde responsleutels, maar wel door het benoemen van de locatie waar de stimulus verschijnt. De vier stimuli krijgen, van links naar rechts, een nummer toegewezen van één tot vier. Het is dit nummer dat de proefpersoon zal moeten benoemen bij het verschijnen van de stimulus. Zo kan de discriminabiliteit gemanipuleerd worden, zonder de compatibiliteit mee te beïnvloeden in een SRT-taak waar de stimuli spatieel georganiseerd zijn.

Gezien in dit experiment geen dimensionele overlap meer zal bestaan tussen de locatie van de stimulus en de vereiste respons, zal het verkleinen van de afstand tussen de stimuli enkel een invloed mogen hebben op de discriminabiliteit en niet op de S-R compatibiliteit. Dit houdt in dat door de stimuli dichter tegen elkaar te plaatsen, uitsluitend het stimulusidentificatie-stadium beïnvloed wordt en niet het responsselectie-stadium. Daar we veronderstellen dat het responsselectie-stadium een belangrijke rol speelt bij sequentieel leren, zou deze manipulatie niet mogen leiden tot een groter leereffect in de S-indiscriminabele conditie dan in de controle conditie.

#### *4.2.3.3 Algemene moeilijkheidsgraad*

Dat we zowel in de S-indiscriminabele conditie als in de S-R incompatibele conditie een groter leereffect vinden dan in de controle conditie, zou te wijten kunnen zijn aan het verhogen van de moeilijkheidsgraad op zich. Dit zou inhouden dat als de manipulatie van een variabele ertoe leidt dat de informatieverwerking moeilijker verloopt, het leereffect telkens groter zal zijn in vergelijking met de controle conditie. Deze hypothese kunnen we echter weerleggen aan de hand van de data van het onderzoek van Barbara Brunelli. Uit de eerste analyses blijkt dat het leereffect in haar indiscriminabele conditie niet significant afwijkt van het leereffect in de controle conditie. Zij maakte gebruik van een symbolische stimulus, namelijk kleur, waar de discriminabiliteit moeilijker gemaakt werd door de proefpersonen te laten reageren op vier verschillende tinten van grijs. Hoewel de moeilijkheidsgraad in de indiscriminabele conditie hoger lag dan in de controle conditie, verschillen de leereffecten in beide condities niet significant van elkaar. Dat sequentieel leren het gevolg zou zijn van een loutere toename van de moeilijkheidsgraad, lijkt bijgevolg erg onwaarschijnlijk.

### **4.3 Besluit**

Uit onze studie blijkt dat het leereffect groter is bij een incompatibele mapping in de S-R incompatibele conditie dan bij een compatibele mapping in de controle conditie, wat de betrokkenheid van responsselectie bij sequentieel leren doet vermoeden. Omdat de responsselectie bij een incompatibele mapping veel moeilijker is, hebben de proefpersonen meer winst bij het kunnen voorspellen van de volgende respons, wat zich uit in een groter leereffect bij een incompatibele mapping. Dat juist dit responsselectie-stadium een belangrijke rol speelt bij sequentieel leren hebben we trachten aan te tonen door de AFM-logica toe te passen op sequentieel leren. Aangezien er een interactie optreedt tussen het leereffect en de S-R compatibiliteit en we weten dat deze compatibiliteit het responsselectie-stadium beïnvloedt, zouden we kunnen besluiten dat dit leereffect gelegen is in het responsselectie-stadium. Hiervoor vinden we echter geen ondersteuning als we de discriminabiliteit manipuleren. Ondanks het feit dat de discriminabiliteit de stimulusidentificatie beïnvloedt, en niet de responsselectie, is het leereffect eveneens groter in de S-indiscriminabele conditie dan in de controle conditie. Dat het leereffect groter is in de S-R incompatibele conditie en de S-indiscriminabele conditie zou er dus op kunnen wijzen dat zowel de vroege perceptuele processen als de responsselectie betrokken zijn bij sequentieel leren.

Deze conclusie lijkt ons echter voorbarig aangezien het veeleer onwaarschijnlijk lijkt dat we uitsluitend de discriminabiliteit gemanipuleerd hebben in de S-indiscriminabele conditie. Door het verkleinen van de afstand tussen de stimuli, hebben we waarschijnlijk naast de discriminabiliteit ook de horizontale dimensie, en bijgevolg de compatibiliteit, gemanipuleerd. Een mogelijke suggestie voor toekomstig onderzoek houdt in dat er gebruik gemaakt wordt van spatiële stimuli en een verbale respons, waardoor we de S-R compatibiliteit kunnen omzeilen. Hierdoor zou uitsluitend het stimulusidentificatie-stadium beïnvloed worden en niet de responsselectie, waardoor het leereffect in de indiscriminabele conditie niet zou mogen afwijken van dat in de controle conditie. Indien dit het geval is, zouden we kunnen besluiten dat er een belangrijke betrokkenheid is van responsselectie bij sequentieel leren.

## Referenties

---

Berkinblit, M.B., & Feldman, A.G. (1988). Some problems of motor control. *Journal of Motor Behavior*, 20, 369-373.

Cleeremans, A., Destrebecqz, A., & Boyer, M. (1998). Implicit learning: news from the front. *Trends in cognitive sciences*, 2, 406-416.

Cohen, A., Ivry, R., & Keele, S. (1990). Attention and structure in sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16, 17-30. Geraadpleegd op 6 september 2003, op de gegevensbank van Cambridge scientific abstracts.

Coren, S., Ward, L.M., & Enns, J.T. (1994). *Sensation and perception* (4th Edition). New York: Harcourt Brace.

Curran, T., & Keele, S. (1993). Attentional and non-attentional forms of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19, 189-202. Geraadpleegd op 6 september 2003, op de gegevensbank van Cambridge scientific abstracts.

Deroost, N., & Soetens, E. (2004). *Perceptual or motor learning in SRT tasks with complex sequence structures*. Ingediend voor publicatie.

Ferraro, F.R., Balota, D.A., & Conner, L.T. (1993). Implicit memory and the formation of new associations in nondemented Parkinson's disease individuals and individuals with senile dementia of the Alzheimer type: A serial reaction time (SRT) investigation. *Brain and Cognition*, 21, 163-180.

French, P.A. (1998). One concept, multiple meanings: on how to define the concept of implicit learning. In M.A. Stadler & P.A. Frensch (Eds.). *Handbook of implicit learning* (pp. 47-104). Thousand Oaks, CA: Sage.

Frensch, P.A., Kray, J., & Buchner, A. (2000). On the distinction between implicit and explicit human learning: Historical continuity of a wrong track? *Zeitschrift für Psychologie*, 208, 284-303.

Hommel, B. (1996). The cognitive representation of action: Automatic integration of perceived action effects. *Psychological Research*, 59, 176-186.

Hommel, B., & Prinz, W. (1997). Theoretical issues in stimulus-response compatibility: An editor's introduction. In B. Hommel & W. Prinz (Eds.). *Theoretical issues in stimulus-response compatibility* (pp. 3-8). Amsterdam: North-Holland.

Howard, J.H., Mutter, S.A., & Howard, D.V. (1992). Serial pattern learning by event observation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 1029-1039.

Keele, S.W., Jennings, P., Jones, S., Caulton, D., & Cohen, A. (1995). On the modularity of sequence representation. *Journal of Motor Behavior*, 27, 17-30.

Kelly, S.W., & Burton, A.M. (2001). Learning complex sequences: no role for observation? *Psychological Research*, 65, 15-23. Geraadpleegd op 27 september 2003, op EBSCOhost gegevensbank.

Knopman, D.S., & Nissen, M.J. (1987). Implicit learning in patients with probable Alzheimer's disease. *Neurology*, 37, 874-788.

Knopman, D.S., & Nissen, M.J. (1991). Procedural learning is impaired in Huntington's disease: Evidence from the serial reaction time task. *Neuropsychologia*, 29, 245-254.

Koch, I., & Hoffman, J. (2000). The role of stimulus-based and response-based spatial information in sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26, 863-882.

Kornblum, S. (1992). Dimensional overlap and dimensional relevance in stimulus-response and stimulus-stimulus compatibility. In G.E. Stelmach & J. Requin (Eds.). *Tutorials in Motor Behavior II* (pp.743-777). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.

Kornblum, S. (1994). The way irrelevant dimensions are processed depends on what they overlap with: The case of Stroop and Simon-like stimuli. *Psychological Research*, 56, 130-135.

Kornblum, S., Hasbroucq, T., & Osman, A. (1990). Dimensional overlap: Cognitive basis for stimulus-response compatibility - A model and taxonomy. *Psychological Review*, 97, 253-270.

Mayr, U. (1996). Spatial attention and implicit sequence learning: Evidence for independent learning of spatial and non-spatial sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, 350-364. Geraadpleegd op 6 september 2003, op de gegevensbank van Cambridge scientific abstracts.

Nattkemper, D., & Prinz, W. (1997). Stimulus and response anticipation in a serial reaction task. *Psychological Research*, 60, 98-112.

Nissen, M.J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.

Proctor, R.W., & Dutta, A. (1995). *Skill acquisition and human performance*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Reber, A.S. (1967). Implicit learning of an artificial grammar. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 855-863.

Reber, A.S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 219-235.

Remillard, G. (2003). Pure perceptual-based sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 581-597. Geraadpleegd op 6 september 2003, op de gegevensbank van Cambridge scientific abstracts.

Roswarski, T.E., & Proctor, R.W. (2000). Auditory stimulus-response compatibility: Is there a contribution of stimulus-hand correspondence? *Psychological Research*, 63, 148-158. Geraadpleegd op 6 september 2003, op EBSCOhost gegevensbank.

Rüsseler, J., Münte, T.F., & Rösler, F. (2002). Influence of stimulus distance in implicit learning of spatial and non-spatial event sequences. *Perceptual and Motor Skills*, 95, 973-987.

Sanders, A.F. (1998). *Elements of human performance: Reaction processes and attention in human skill*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). E-Prime, Version 1.1. Pittsburgh: Psychology Software Tools.

Seger, C.A. (1994). Implicit learning. *Psychological Bulletin*, 115, 163-196.

Shanks, D.R., & St. John, M.F. (1994). Characteristics of dissociable human learning systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 367-447.

Soetens, E., Boer, L.C., & Hueting, J.E. (1985). Expectancy or automatic facilitation? Separating sequential effects in two-choice reaction time. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 598-616.

Stadler, M.A. (1989). On learning complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 1061-1069. Geraadpleegd op 27 september 2003, op de gegevensbank van Cambridge scientific abstracts.

Stadler, M.A. (1993). Implicit serial learning: Questions inspired by Hebb (1961). *Memory and Cognition*, 21, 819-827.

Sternberg, S. (1969). Memory-scanning: mental processes revealed by reaction-time experiments. *American Scientist*, 57, 421-457.

Umiltà, C., & Nicoletti, R. (1990). Spatial stimulus-response compatibility. In R.W. Proctor & T.G. Reeve (Eds.), *Stimulus-Response Compatibility: An Integrated Perspective* (pp.89-116). Amsterdam: North-Holland.

Welford, A.T. (1984). Psychomotor performance. *Annual Review of Gerontology & Geriatrics*, 4, 237-273.

Welford, A.T., & Brebner, J.M.T. (1980). *Reaction times*. London: Academic Press.

Willingham, D.B. (1999). Implicit motor sequence learning is not purely perceptual. *Memory and Cognition*, 27, 561-572.

Willingham, D.B., Nissen M.J., & Bullemer P. (1989). On the development of procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 1047-1060.

Willingham, D.B., Wells, L., Farrell, J., & Stemwedel, M. (2000). Implicit motor sequence learning is represented in response locations. *Memory and Cognition*, 28, 366-375.

Ziessler, M. (1994). The impact of motor responses on serial-pattern learning. *Psychological Research*, 57, 30-41.

## Bijlagen

---

- Akkoordverklaring
- Instemmingverklaring
- Vragenlijst
- Debriefing
- Data-analyses