

EEN INLEIDING TOT DE DIRECTE PERCEPTIETHEORIE

[INTRODUCTION TO THE DIRECT THEORY OF PERCEPTION]

Johan P. WAGEMANS

Katholieke Universiteit Leuven
Laboratorium voor Experimentele Psychologie

An attempt is made to introduce the direct theory of perception, which has had a lot of attention lately. Some central aspects of the theory are highlighted by means of the core concepts: (1) the study of the environment (ecology), (2) ecological optics (optic array, invariants, affordances), and (3) information detection and usage (resonance, perceptual systems). In fact, this article discusses the direct theory's answer to two central questions, which have to be answered by every perception theory: First, *what* is perceived? Secondly, *how* are these things perceived? In addition, an attempt is made to discuss the ecological theory of the link between perception and behavior.

I am grateful to Dr. G. D'YDEWALLE and the anonymous reviewers for their valuable comments on the previous version of this article.

De aangepastheid van het gedrag getuigt van de uitgebreidheid en de accuraatheid van de waarneming. Het is deze perceptuele kennis die uiteindelijk door alle perceptietheorieën moet verklaard worden. De manier waarop men dit doet kan nogal eens verschillen naargelang de uitgangspunten die men inneemt. In de indirecte benadering vertrekt men van het onderscheid tussen arme sensaties en rijke perceptie en verklaart men de waarneming bijgevolg door tussenliggende processen die de stimulus elaboreren. De directe perceptietheorie daarentegen zoekt de basis van de perceptuele rijkdom in de stimulusinformatie zelf. Een algemene veronderstelling die ten grondslag ligt aan deze benadering is dan ook dat een precieze specificatie van de aard van de objecten, plaatsen en gebeurtenissen beschikbaar is in de aanwezige stimulusinformatie. Ten gevolge van dit alternatief vertrekpunt beschouwt men perceptie in de directe theorie als de loutere detectie van deze informatie, zonder verdere informatieverwerkingsprocessen. Reeds bij een globale karakterisering blijkt deze benadering lijnrecht tegengesteld aan de indirecte visie. Toch wordt in dit artikel zoveel mogelijk het eigene van de directe perceptietheorie besproken, zonder uitdrukkelijk in te gaan op de tegenstelling met de indirecte theorieën.

Omdat het vocabularium van theoretische termen steeds een belangrijk deel van een theorie uitmaakt, wordt hier gepoogd de directe perceptietheorie uit te diepen door een explicitering van enkele cruciale concepten en de samenhang ertussen. Deze werden gelanceerd en geëlaboreerd door J.J. Gibson (1904-1979), die dan ook zonder twijfel kan beschouwd worden als de grondlegger en de belangrijkste vertegenwoordiger van de directe perceptietheorie. Sedert geruime tijd wordt het belang van zijn theorie in brede kringen erkend en gewaardeerd. Dit blijkt bv. uit de toekenning van de „Distinguished Scientific Contribution Award” van de „American Psychological Association” in 1961 en uit het feit dat hij als enige psycholoog is opgenomen in „Great Scientific Experiments: Twenty Experiments that Changed our View of the World” (Harré, 1983). Hij heeft dan ook heel wat „volgelingen” gekend. Deze „Gibsonianen” hebben bijgedragen tot de verdere uitdieping van de theoretische begrippen en de experimentele toetsing van enkele theoretische uitspraken. Hoewel Cutting (1982) een aantal verschillen aantoonde tussen Gibson enerzijds en de „Gibsonianen” (Shaw, Turvey, Mace, e.a.) anderzijds, wordt hier niet ingegaan op het onderscheid tussen beiden. Een integratie van Gibsons oorspronkelijke visie met de toevoegingen van andere directe perceptiepsychologen is zinvoller voor een bespreking van de directe benadering als geheel.

Gibsons directe perceptietheorie wordt door de recente aanhangers trouwens meer en meer „ecologische benadering” genoemd en men ziet hierin drie essentiële componenten (Reed & Jones, 1982): de studie van datgene wat in de omgeving aanwezig is om waargenomen te worden, de ecologische optica, en de studie van de manier waarop men de informatie detecteert en gebruikt. Onder deze indeling wordt nu de directe theorie uiteengezet door een systematische en samenhangende bespreking van de belangrijkste begrippen. Vooraf echter nog een belangrijke opmerking: De ecologische perceptietheorie wordt besproken vanuit Gibsons visie op de tegenstelling tussen directe en indirecte theorieën. Dit impliceert dat *zijn* argumentatie en redeneerwijze zo precies mogelijk weergegeven worden, zelfs als deze, mijns inziens, fouten of andere onvolkomenheden bevatten. Voor een meer kritische bespreking van de directe perceptietheorie kan men terecht bij Fodor en Pylyshyn (1981), Ullman (1980) en Wagemans (in press).

DE STUDIE VAN DE OMGEVING

De waarneming is het proces waardoor een organisme zijn omgeving kent. De directe benadering vat deze perceptuele kennis op als een

aangepaste relatie tussen datgene wat waargenomen wordt en diegene die waarneemt. De verklaring van de waarneming als proces waardoor men perceptuele kennis bekomt, behelst dan ook de studie van de beide polen van deze relatie en kan dus niet alleen berusten op mechanismen van de waarnemer. Om te weten *hoe* iets waargenomen wordt, moet men zich trouwens voorafgaandelijk de vraag stellen *wat* er eigenlijk gegeven is om waargenomen te worden. Een voorlopig, inleidend antwoord op deze laatste vraag is volgens de ecologische benadering de omgeving, datgene wat ons omgeeft.

De directe perceptietheorie benadert de omgeving op een ecologisch niveau, nl. als datgene waarin we ons gedragen, als ons „huis” (cfr. Gr. *ecos* = huis). Dit is heel verschillend van datgene wat in de fysica bestudeerd wordt en vergt dus een aparte discipline nl. de ecologie. De wereld van de fysisicus omvat immers de totaliteit van de dingen op microniveau (de onooglijke atomen) en op macroniveau (de onoverzichtelijke zonnestelsels). De omgeving van de ecooloog daarentegen neemt een plaats in tussen beide extremen en omvat het geheel van de dingen in zoverre deze van belang zijn voor de organismen die in die omgeving leven. Het ecologisch mesoniveau betreft dus de dingen die we kunnen zien, horen, ruiken, smaken of voelen of m.a.w. de omgeving als bron van stimulatie voor een waarnemend organisme.

Gibson (1966) beschouwt land, water en lucht als de belangrijkste componenten van de omgeving en deelt de aardsfeer in drie deelgebieden in: lithosfeer, hydrosfeer en atmosfeer. Hij benadrukt ook het feit dat materie zich in drie toestanden kan bevinden: als vaste stof, vloeistof of gas. Later (Gibson, 1979a) geeft hij een beschrijving van de omgeving in termen van medium, substantie en oppervlakken. Hier worden beide visies geïntegreerd.

Gassen en vloeistoffen vormen het medium waardoor de informatie over de omgeving tot ons komt. Via het medium (lucht of water) bereiken de lichtstralen ons oog, de trillende luchtgolven ons oor, de diffusie van vluchtige chemische molecules onze neus, de scheikundige smaakstoffen onze tong en de mechanische druk onze huid, zodat we de dingen uit onze omgeving kunnen waarnemen met al onze zintuigen. Vaste stoffen vormen de substanties die kunnen verschillen in de mate van rigiditeit, viscositeit, densiteit, cohesie, elasticiteit en plasticiteit. Het medium wordt van de substantie onderscheiden door oppervlakken. Er zijn drie soorten: het land-wateroppervlak of de „interface” tussen litho- en hydrosfeer, het water-luchtoppervlak of de „interface” tussen hydro- en atmosfeer en het land-luchtoppervlak of de „interface” tussen litho-

en atmosfeer. Dit laatste is het belangrijkste voor ons en staat beter bekend onder de naam „grond”. Dit is de basis voor onze perceptie en ons gedrag, letterlijk en figuurlijk. Gibson besteedt er dan ook heel wat aandacht aan. Dit blijkt bv. uit „The Perception of the Visual World” (Gibson, 1950), waarin hij de diepteperceptie verklaart d.m.v. een „grondtheorie”. Een oppervlak heeft karakteristieke eigenschappen die blijvend of veranderlijk kunnen zijn, zoals de „layout”, de textuur, de mate van belichting, de mate van reflectie of absorptie, enz.

Tot slot van de ecologische benadering van de omgeving kan geweest worden op de talrijke classificaties van dingen en gebeurtenissen in de omgeving, die Gibson heeft trachten op te stellen. Zo geeft hij bv. volgende indeling van mogelijke terreinkenmerken: een pad, een obstakel, een grens, een waterkant, een afgrond, een opstapje en een helling (Gibson, 1979a). Recentere vertegenwoordigers van de directe perceptietheorie gaan hierin niet zo ver en wijzen alleen op het algemeen belang van de omgeving als bron van stimulatie. Dit moge blijken uit het volgende citaat: „... For the ecological psychologist, to study perception without the environmental component would be like studying one hand clapping...” (Shaw, Turvey & Mace, 1982, p. 162).

DE ECOLOGISCHE OPTICA

De ecologische optica wordt door Gibson omschreven als de studie van het licht in relatie tot de omgeving. De eerste tentatieve formuleringen ervan vindt men in enkele van zijn oudere artikelen (Gibson, 1957, 1958, 1960a, 1961). Meer en meer beseft hij later het belang van de ecologische lichttheorie voor zijn directe benadering van de perceptie. Hij besteedt dan ook ruime aandacht aan de verdere uitwerking ervan (Gibson, 1966, 1970, 1974, 1977, 1979a en b). Hier zal parallel aan de chronologische ontwikkeling bij Gibson zelf eerst uiteengezet worden hoe hij gekomen is tot het inzicht dat de klassieke optica onvoldoende is voor de studie van de visuele perceptie, om daarna het eigene van zijn nieuwe lichttheorie verder uit te werken.

Ontstaan

In „A History of the Ideas Behind Ecological Optics” zet Gibson (1970) zelf uiteen waarom hij overgegaan is tot een ecologische optica. De redenen hiervoor vallen uiteen in twee groepen: ten eerste, problemen met de oudere benadering en ten tweede, een reeks ontdekkingen die de richting van de nieuwe benadering aangegeven hebben.

Problemen met de oudere benadering. Traditioneel wordt informatie meestal opgevat als een boodschap die overgedragen wordt van zender naar ontvanger. Deze informatie-overdracht gebeurt volgens de meeste indirecte perceptietheorieën in de vorm van energiepakketjes (dit verwijst naar de notie „bits” uit de communicatietheorie van Shannon en Weaver, 1949) die de receptoren prikkelen en daarom stimuli genoemd worden. Deze stimuli specificeren echter onvoldoende de bron in de omgeving waar ze vandaan komen en moeten dus aangevuld worden om te kunnen dienen als informatie over de omgeving. Voor de visuele perceptie bv. is de specifieke stimulus een lichtstraal met een welbepaalde golflengte en amplitudo, die door de lens wordt afgebogen op een of ander staafje of kegeltje in de retina. Vandaar wordt het signaal via de nervus opticus in de vorm van zenuwimpulsen naar de hersenen overgebracht en daar geïnterpreteerd m.b.v. cognitieve processen.

Gibson (1966, 1979a) noemt deze theorieën „sensation-based”, omdat ze de waarneming verklaren op basis van de gewaarwording van stimulatie. De verklaring van de visuele perceptie bv. berust op de sensatie van licht, die dan verder moet verwerkt worden om te komen tot de waarneming van voorwerpen in de omgeving, die men dus niet direct kan zien, maar slechts indirect nl. door tussenliggende processen. Het enige, zegt Gibson, wat men volgens deze benadering direct kan „zien” (in de betekenis van „het hebben van één of meerdere gewaarwordingen van”) is licht.

In tegenstelling daarmee beweert Gibson (1979a) dat men licht eigenlijk nooit kan zien. De enige manier waarop we illuminatie kunnen waarnemen is door datgene wat verlicht wordt. We zien nooit fotonen of lichtgolven, maar dingen, plaatsen en gebeurtenissen in de omgeving. Als licht nooit kan gezien worden, zo redeneert hij verder, kan visuele perceptie ook niet gebaseerd zijn op stimulatie door licht als zodanig. Stimulatie kan misschien wel een noodzakelijke voorwaarde zijn voor perceptie, maar het is onvoldoende. Dit meent hij aan te tonen door het klassiek Ganzfeld-experiment (Gibson, 1970). Het licht dat als homogene visuele stimulatie het oog bereikt, geeft geen aanleiding tot perceptie en bewijst dus, volgens Gibson, dat er stimulatie mogelijk is zonder dat er informatie aanwezig is. Het dient nogmaals te worden benadrukt dat hier *Gibsons* redenering samengevat wordt. Indirecte perceptiepsychologen gaan met deze argumentatie zeker niet akkoord.

Na de fouten van de toenmalige vertegenwoordigers van de indirecte benadering te hebben blootgelegd, gaat Gibson op zoek naar de oorsprong ervan. Daarvoor grijpt hij terug naar de oorspronkelijke beteke-

nis van het concept „stimulus” (Gibson, 1960b). Dit werd steeds opgevat als een puntige en momentane receptorexcitatie t.g.v. energie-overdracht. In hetzelfde artikel wijst Gibson bovendien op een aantal problemen i.v.m. deze definitie, waarvan de belangrijkste kunnen samengevat worden in de vraag wanneer een patroon (een ruimtelijke relatie tussen stimuli) en een sequentie (een relatie tussen stimuli in de tijd) als één of als afzonderlijke stimuli moeten beschouwd worden (Gibson, 1960b; Hochberg, 1982).

Richting van de nieuwe benadering. De oriëntatie van zijn eigen ecologische benadering is het gevolg van een reeks experimentele ontdekkingen. Een illustratief voorbeeld in dit verband wordt door Gibson besproken in het reeds geciteerde artikel en ook elders (Gibson, 1960a, 1970). Het betreft een ondertussen „klassiek” experiment met een „optical cliff” dat oorspronkelijk werd uitgevoerd door J.J. Gibsons vrouw Eleanor Jack Gibson, eerst met ratten, daarna met babies (Walk, Gibson & Tighe, 1957 en Walk & Gibson, 1961 resp.). De „optische kloof” is een apparaat waarbij een glazen plaat (voldoende sterk om een baby of een rat te ondersteunen) gelegen is op een zwart-wit geblokt papier. Een helft van dit „dambordpapier” ligt vlak onder het glas, de andere helft bijna twee meter lager, zodat een virtuele kloof of diepte gecreëerd wordt, aangezien het glas perfect helder en dus onzichtbaar is. Het belangrijkste resultaat van deze proef is dat zowel babies als ratten weigeren deze optische, doch niet substantiële kloof te overschrijden. Het enige verschil tussen beide helften van de optische kloof is immers een verschil in optische textuur, d.i. de textuur die in het licht aanwezig is, niet in lichtintensiteit of kleur (want beide delen zijn identiek belicht) en ook niet in textuur van het „dambordpapier” (want dat is precies hetzelfde voor de beide helften). Wat wel verschilt is blijkbaar de informatie die men heeft over de beide helften van de optische kloof (vlakbij of in de diepte gelegen) en die informatie moet wel in het licht gegeven zijn. Hieruit blijkt dus opnieuw het onderscheid tussen energieaspecten van het licht en informatieve aspecten. Daarom werkt Gibson een „information-based” theorie uit (Gibson, 1966, 1972, 1979a), waarbij de waarneming niet langer gezien wordt als gebaseerd op de gewaarwording van stimulatie als dusdanig, maar op de informatie die in de stimulus aanwezig is.

Het kernprobleem van de ecologische optica blijft dan nog de vraag hoe de stimulusenergie de informatie over de omgeving kan bevatten. Daaraan is dan ook de verdere uitwerking in Gibsons latere boeken en

artikelen gewijd. Ook de recentere aanhangers van de directe perceptie-theorie hebben daaraan ruime aandacht besteed.

Verdere uitwerking

De optische orde. Eerst en vooral maakt Gibson (1960a, 1961, 1966, 1979a) een onderscheid tussen radiant licht, dat uitgestraald wordt door een energiebron en ambiënt licht, dat weerkaatst wordt door voorwerpen in de omgeving en er dus informatie kan over bevatten. Straling vanuit een lichtbron divergeert in alle richtingen en zou zich in open lucht oneindig verder verplaatsen. Als deze stralen niet gereflecteerd worden, zou er dus enkel *radiant licht* aanwezig zijn. Dit is de meest eenvoudige voorstelling die men van licht kan hebben en toch heeft men, volgens Gibson, in de klassieke optica daaraan de meeste aandacht besteed.

Door toevoeging van voorwerpen in de omgeving wordt de situatie al iets realistischer. Dan is er immers ook *ambiënt licht* aanwezig door de verspreide weerkaatsing van het licht door de voorwerpen in de omgeving. In dit weerkaatst licht is structuur aanwezig die het gevolg is van de verschillende oppervlakken in de omgeving (die groot of klein kunnen zijn, resp. „vlakten” of „facetten” genoemd), die bovendien een verschillende compositie kunnen bezitten en die tenslotte ook verschillend belicht kunnen zijn. Vandaar het belang van de studie van de omgeving die deze eigenschappen aan een nader onderzoek onderwerpt. Zo blijkt bv. dat een stuk steenkool veel licht absorbeert i.t.m. een stuk (wit) papier dat veel licht reflecteert. Spiegels bv. verspreiden het licht niet, terwijl de meeste andere objecten dit wel doen (Michaels & Carello, 1981).

Op die manier bekomt men dus een optische structuur, d.w.z. een structuur in het licht. Elk stationair punt in het transparante medium van een verlichte omgeving (of dit bezet wordt door een waarnemend organisme of niet, is voor wat betreft de studie van de informatie theoretisch gezien irrelevant) is een snijpunt van alle lichtbundels die met verschillende intensiteiten en onder verschillende hoeken convergerend invallen vanuit de voorwerpen in de omgeving. Deze complexe structuur noemt Gibson (1958, 1960a, 1961, 1966, 1977, 1979a) *de ambiënte optische orde* of *het optisch veld*. De optische grenzen die in deze structuur aanwezig zijn, corresponderen met de boorden van de voorwerpen in de omgeving. De relationele structuur in de ambiënte optische orde (bv. optische textuur) komt overeen met de „lay-out” van

de omgeving. Het gevolg hiervan is dat elk stationair convergentiepunt in dit optisch veld een potentiële bron is van informatie. Uit deze bron kan een waarnemer putten, als hij een plaats inneemt in de verlichte omgeving, zodat hij zijn oog op zo een convergentiepunt plaatst. Doordat de eigenschappen van de objecten, plaatsen en gebeurtenissen in de omgeving corresponderen met bepaalde karakteristieken in het optisch veld, kan men dus beweren dat er in het ambiënt licht voldoende informatie aanwezig is, om de omgeving te percipiëren zonder tussenliggende processen. Vandaar het cruciale belang van de ecologische optica voor de directe perceptietheorie. Gibson zelf (1966, p. 222) omschrijft het zo: „... Instead of making the nervous system carry the whole burden of explaining perception, I wish to assign part of this burden to light itself. Ecological optics is my way of doing so...”. Gibson besteedt dan ook ruime aandacht aan het aantonen van deze correspondenties tussen omgevingseigenschappen en karakteristieken in het optisch veld. Zo wijst hij bv. op de overeenkomst tussen een homogene regio in het optisch veld en een ongeblokkeerd medium, tussen de aard van de optische textuur en het soort oppervlak (gras, land, hout, rots, ...), tussen een scherp afgegrensde sector in het optisch veld met een bepaalde interne textuur en een object in de omgeving (verklaring voor de figuur-achtergrond relatie), tussen de densiteit van de textuur en de afstand of diepte van een voorwerp of een oppervlak (verklaring voor de „optical cliff”), enz... (Gibson, 1960a, 1961).

Dat ook de recentere aanhangers van de directe benadering het belang van deze optische structuur in het ambiënt licht goed beseffen, moge blijken uit een citaat van Mace (1974, p. 148): „... The more elegantly structured and interrelated we can show environmental information to be, the more parsimonious could be the processing strategies evolved in such an environment...”. Ze vinden het dan ook erg belangrijk om duidelijk aan te tonen wat precies bedoeld wordt met een optisch veld. In een recent handboek van de directe perceptietheorie (Michaels & Carello, 1981) wijst men in dit verband op *de analogie met hologrammen*. Dit zijn speciaal gecreëerde fotografische platen, die de optische structuur d.m.v. laserstraling op film vastleggen. Wanneer men door de film kijkt, ziet men een driedimensionaal beeld van het oorspronkelijk object. Deze informatie is zo volledig dat de hologram kan aangezien worden als het object zelf. Bovendien is deze optische structuur op verschillende plaatsen equivalent (zodat hij op verschillende stationaire punten in de verlichte omgeving kan geregistreerd worden), wat bij hologrammen blijkt uit het feit dat zelfs een klein stukje van een oorspronkelijk geheel

nog voldoende informatie bevat voor een driedimensionaal beeld van het ganse object.

Invarianten. Ofschoon de beschrijving van de informatie die een waarnemend organisme tot zijn beschikking heeft, reeds een zekere graad van complexiteit bereikt heeft, gaat het toch nog steeds om een zeer simplistische voorstelling. Tot nu toe ging het immers om een stationaire waarnemer in een omgeving waarin niets bewoog. Door ook de beweging in rekening te brengen, bekomt men een veel complexere (en dus meer realistische) voorstelling van datgene wat er in de omgeving aan informatie aanwezig is.

Gibson (1954, 1957, 1966) maakt onderscheid tussen de fysische bewegingen in de omgeving en de bewegingen in het optisch veld. Rigide *fysische bewegingen* van vaste stoffen worden in de mechanica geanalyseerd in zes componenten, drie van translatie en drie van rotatie. Bovendien kunnen ze mathematisch exact beschreven worden op de assen van een coördinatensysteem. Niet-rigide of elastische bewegingen daarentegen (zoals bv. de groei of de lichaamsbeweging van een levend organisme) kunnen niet zo eenvoudig geanalyseerd en geclassificeerd worden. Daarom werden ze volgens Gibson in de klassieke fysica meestal over het hoofd gezien.

Een optische beweging is een gebeurtenis in de ambiënte optische orde, waarbij transformaties of patroonveranderingen optreden. Een beweging van een object in de omgeving veroorzaakt een locale patroonverandering in het optisch veld, terwijl een globale transformatie van de ambiënte optische orde het gevolg is van de zelfbeweging van de waarnemer. In het licht is dus voldoende informatie aanwezig om op basis van de visuele perceptie alleen (zonder gebruik van kinesthetische gewaarwordingen) een onderscheid te maken tussen deze twee soorten beweging (Gibson, 1960a, 1966, 1977, 1979a). Gibson (1958) werkt zelfs een theorie uit waarbij hij de zelfbeweging en de visuele oriëntatie verklaart op basis van de visuele informatie die het waarnemend organisme tot zijn beschikking heeft. Later heeft men experimenteel aangetoond dat zulke informatie voor de controle van zelfbeweging bestaat en effectief gebruikt wordt (Lee, 1974, 1978; Lee & Lishman, 1977; Lishman & Lee, 1973).

De transformaties in het optisch veld kunnen eveneens op een mathematische manier beschreven worden, nl. door een geometrie waarbij men het patroon als gegeven beschouwt (en dus niet verder analyseert in zijn samenstellende delen) en een operatie definieert waardoor de patroonverandering tot stand komt (Gibson, 1954, 1957, 1977; Hay, 1966).

Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen perspectieve transformaties, die overeenkomen met de rigide fysische bewegingen in de omgeving en niet-perspectieve transformaties, die de niet-rigide, elastische bewegingen specificeren. De mathematische descriptie van dit laatste soort patroonveranderingen vergt wel een aparte meetkunde, die recent verder uitgewerkt wordt (Michaels & Carello, 1981; Sedgwick, 1980; Shaw, McIntyre & Mace, 1974; Shaw & Pittenger, 1977, 1978; Shepard, 1981).

Bij transformaties in het optisch veld veranderen trouwens niet alle eigenschappen: Er zijn variante karakteristieken in de ambiënte optische orde die corresponderen met de bewegingen van objecten en waarnemers en er zijn invariante eigenschappen die de permanente karakteristieken van de omgeving specificeren. Gibson (1960a, 1961, 1966, 1979a) ziet in het begrip *invarianten* een radicale breuk met voorgaande theorieën die de fenomenale constanties toeschrijven aan hogere mentale processen. Zelf beweert hij dat de informatie voor deze permanenties in het licht aanwezig is en dat men dus geen verdere informatieverwerkingsprocessen nodig heeft. Vanwege dit centraal belang van de notie „invarianten” wordt hierop uitgebreider ingegaan.

Michaels en Carello (1981) definiëren invarianten als patronen van stimulatie over tijd en/of ruimte die onveranderd gelaten worden door bepaalde transformaties. Zij maken bovendien onderscheid tussen twee *soorten invarianten*. Een transformationele invariant is de stijl van verandering die een object kan ondergaan (bv. glijden, groeien, wandelen, rekken, enz.). Structurele invarianten daarentegen zijn de eigenschappen van het object die constant blijven terwijl het object de verandering ondergaat (bv. vlak zijn, rond zijn, mens zijn, enz.). De herkenning van een melodie die door verschillende instrumenten gespeeld wordt, berust op de detectie van een transformationele invariant (een melodie is nl. een specifiek patroon van verschillende noten), terwijl de herkenning van een instrument dat verschillende melodieën speelt, berust op de detectie van een structurele invariant (ondanks de transformaties in de veranderde melodieën, wordt een blijvende structuur, het instrument, gespecificeerd).

Liever dan deze uiteenzetting op louter theoretisch-abstract niveau verder te zetten, wordt nu *een aantal illustraties* gegeven van datgene wat precies bedoeld wordt met het begrip „invarianten” en van de tegenstelling met de indirecte perceptietheorieën die daardoor ontstaat. Shaw en zijn medewerkers (Shaw et al., 1974; Shaw & Pittenger, 1977, 1978) hebben empirische evidentie gevonden voor het gebruik van invarianten bij ouderdomsperceptie. Proefpersonen blijken in staat dezelfde persoon te herkennen op verschillende leeftijden. Hierbij detecteert men dus de

eigenschappen van een persoon die structureel onveranderd blijven, ondanks de talrijke transformaties die optreden bij het ouder worden. Bovendien kan men verschillende personen rangschikken volgens leeftijd, zelfs als men enkel de schedelomtrek als informatie tot zijn beschikking heeft. Hiervoor doet men beroep op het specifiek patroon van verandering dat met het ouderdomsproces gepaard gaat. Deze transformationele invariant werd mathematisch gedefinieerd als „cardioïdale strekking” en werd later ook op andere profielen (honden, eenden en zelfs auto’s) toegepast. Dat men enkel de patroonwijzigingen van het profiel nodig heeft voor de ouderdomsperceptie, bewijst tevens dat deze niet afhankelijk is van „feature-detection” (wat door sommige indirecte perceptietheorieën beweerd wordt).

Johansson (1973) en zijn medewerkers van de University of Uppsala in Zweden (Jansson, Runeson, e.a.) hebben in hun empirisch onderzoek het belang van transformationele invarianten voor de perceptie van gebeurtenissen op overtuigende en elegante wijze aangetoond. De proefpersonen moeten kijken naar een aantal lichtpunten die aan de belangrijkste gewrichten (schouder, ellebogen, polsen, heup, knieën en enkels) van een mens bevestigd zijn. Wanneer deze persoon, die in het duister gefilmd werd en in het zwart gekleed was, stationair blijft, zien de subjecten alleen een toevallige verzameling stippen. Als de persoon met de lichtgevende gewrichten daarentegen wandelt, springt, turnt, de trap opgaat, op een stoel gaat zitten of een gelijkaardige activiteit uitvoert, zien de proefpersonen onmiddellijk en onmiskenbaar deze bewegingen (Johansson, 1973; Michaels & Carello, 1981). De manier waarop de lichtpunten in relatie tot elkaar veranderen in tijd en ruimte, specificeert blijkbaar deze gebeurtenissen. De transformationele invarianten blijken dus opnieuw belangrijker dan de elementaire „features” waaraan sommige indirecte perceptietheorieën zoveel belang hechten.

Dit laatste blijkt ook uit een observatie van het eetgedrag van een kikker (Shaw et al., 1982). Een kikker eet, zoals bekend, vliegen, die hij met een korte, flitsende beweging van zijn tong vangt en naar zijn mond brengt. De indirecte theorieën beschrijven de effectieve stimulus voor dit gedrag als een klein, zwart stipje. Maar wanneer men zo een kikker in een bakje vol verse (pas gedode), sappige vliegen plaatst, komt hij van honger om. Blijkbaar zijn de elementaire kenmerken van de vlieg (vorm en kleur) dus niet zo belangrijk, maar wel de transformationele invariant die de bewegende vlieg in het optisch veld veroorzaakt. Dat dit patroon van hogere orde de cruciale prikkel is die het eetgedrag uitlokt, blijkt uit het feit dat een kikker wel zijn tong uitsteekt naar een vlug bewegend,

zwart vlekje dat door een instrument van de experimentator veroorzaakt wordt. Michaels en Carello (1981) verklaren deze perceptuele illusie in termen van „affordanties”, waarmee een volgend cruciaal concept van de directe of ecologische benadering ter sprake gebracht wordt.

Affordanties. In wat voorafging werd o.a. aangetoond dat in de ambiënte optische orde, in de vorm van invarianten, voldoende informatie aanwezig is over de constante eigenschappen van de objecten in de omgeving (vorm, omvang, kleur, textuur, samenstelling, positie t.o.v. andere objecten, enz.), zodat de waarnemer deze „permanenties” direct kan detecteren. Daarmee akkoord gaan houdt echter niet in dat er geen tussenliggende processen nodig zouden zijn voor de perceptie van zinvolle objecten. Wat de dingen betekenen, zou immers het gevolg kunnen zijn van een combinatie van deze invarianten, zodat er uiteindelijk toch centrale informatieverwerkingsprocessen zouden moeten tussenkomen voor de cognitieve integratie van verschillende informatie-eenheden tot een zinvol percept (Gibson, 1979a; Mace, 1977). Vandaar dat Gibson het concept „affordantie” in het leven geroepen heeft, om — zoals hij het zelf zegt — „... to get rid of the ancient assumption that meanings are attached to sensations by association...” (Gibson, in een panelgesprek op „The Second Pennsylvania State University Conference on Cognition and the Symbolic Processes” van 1977 en weergegeven in een hoofdstuk van Weimer en Palermo, 1982, p. 237).

Ofschoon een aanzet tot het concept reeds in enkele van zijn oudere artikelen kan gevonden worden (Gibson, 1958, 1960a), komt de notie als dusdanig toch pas voor in Gibsons boek „The Senses Considered as Perceptual Systems”, waar hij affordantie vrij eenvoudig definieert als „... what things furnish, for good or ill...” (Gibson, 1966, p. 285). Wat de dingen toestaan aan een waarnemer, is afhankelijk van hun eigenschappen, zodat men een affordantie kan opvatten als een unieke, invariante combinatie van invarianten en dus als iets wat in het licht zelf gespecificeerd wordt (Gibson, 1975, 1979a). De informatie voor de waarneming van het medium, de substanties, de oppervlakken en hun „lay-out” is nl. in het optisch veld aanwezig, zodat men bv. ook direct kan zien dat lucht ademhaling toestaat, dat sommige substanties eetbaar zijn, dat een horizontaal, uitgebreid, rigied oppervlak ondersteuning verschaft, enz. Parallel aan de taxonomieën van omgevingskarakteristieken geeft Gibson hier uitgebreide classificaties van mogelijke affordanties (Gibson, 1967a, 1971, 1976, 1979a).

Gibson ziet in het begrippenarsenaal van zijn voorgangers in de perceptietheorie slechts één kandidaat als voorloper van zijn eigen

affordantieconcept nl. Lewins „Aufforderungscharakter” (later in het Engels vertaald als „valence”). Maar i.t.m. Lewin en Koffka bv. beschouwt Gibson de affordantie van iets als onafhankelijk van de noden en de behoeften van de waarnemer, omdat het een duidelijk objectief aspect bezit (Gibson, 1972b, 1979a). „... It offers what it does, because it is what it is...” (Gibson, 1972b, p. 409). Wat iets betekent en wat iets is, zijn volgens Gibson niet onafhankelijk van elkaar. Affordanties zijn dus noch fysische, noch fenomenologische, maar *ecologische eigenschappen* van de omgeving m.b.t. het organisme. De implicatie van deze opvatting over affordanties is dus het doorbreken van de subject-object dichotomie. Immers, wat een voorwerp in de omgeving aan een organisme verschaft, verwijst naar een subject, maar wat de affordantie uitmaakt, is tevens afhankelijk van de fysische eigenschappen van het voorwerp en verwijst dus naar een object (Gibson, 1971, 1972b, 1979a). Of zoals Gibson het zelf zegt: „... An affordance points both ways, to the environment and to the observer...” (Gibson, 1979a, p. 129). Parallel aan het doorbroken subject-object dualisme is er dus een overstijgen van het dualisme tussen het organisme en zijn omgeving. Dit wordt door recentere ecologische theoretici verder uitgewerkt m.b.v. termen zoals „ecosysteem”, „coalitie”, „synergie”, enz. Uiteindelijk is die mutualiteit van organisme en omgeving de basis van de nood aan een ecologische optica, d.i. de studie van het licht dat relevant is voor de waarnemer (E.J. Gibson, 1982). Gibson zelf beschouwt de hypothese dat er in het ambiënt licht voldoende informatie aanwezig is voor de specificatie van de affordanties van een object, dan ook als het hoogtepunt van die ecologische optica (Gibson, 1979a).

Men kan zich tot slot, akkoord zijnde met de theoretische noodzaak van het begrip, de vraag stellen naar *de relevantie voor de praktijk*. Deze blijkt bv. uit Gibsons verklaring voor het experiment met de visuele kloof (Gibson, 1960a, 1967b). Daarin blijken dieren en babies erg gevoelig voor de optische informatie die de diepte aan een rand specificiert (cfr. supra). Nochtans hoeft men dit niet te interpreteren in termen van de klassieke ruimteperceptie. Ruimte is immers niet te scheiden van betekenis. Men kan dus de optische textuur in het ambiënt optisch veld beter opvatten als een specificatie van een plaats waar men kan afvallen, een plaats dus, waarvan de affordantie „afvallen” in het licht zelf gegeven is. Een tweede voorbeeld van de praktische bruikbaarheid van het affordantieconcept biedt meteen een verklaring voor de perceptuele illusie van de kikker en de „vlieg” (Michaels & Carello, 1981). Voor kikkers betekenen kleine, donkere, snel bewegende stipjes

nl. eten en het geschikte antwoord op zo'n affordantie is dus het uitslaan van de tong. Dat dit gedrag in een experimentele situatie wel eens tot een illusie kan leiden, is niet de fout van de kikker, die nooit geleerd heeft een onderscheid te maken tussen het experimenteel instrument van de proefleider en de echte vlieg. Hoewel dit onderscheid voor ons misschien betekenisvol is, behoort zulks niet tot de mogelijkheden van de kikker.

DE STUDIE VAN DE MANIER WAAROP MEN DE INFORMATIE DETECTEERT EN GEBRUIKT

Al wat voorafging, betrof op één of andere manier de vraag: „Wat wordt waargenomen?“. Een eerste inleidend antwoord van de directe of ecologische benadering daarop was de „omgeving“ en dit vergde dus een studie van de omgeving m.b.t. de waarnemer. In de ecologische optica werd dit antwoord geleidelijk verder geëlaboreerd: wat waargenomen wordt is de informatie in het ambiënt licht, de specificaties in het optisch veld, de invarianten in de ambiënte optische orde, en tenslotte, datgene wat de omgeving verschaft aan de waarnemer, de affordanties. De kern van deze theorie over de stimulusinformatie is dus dat er veel meer informatie in het licht aanwezig is dan men oorspronkelijk dacht. Als deze informatie in het licht de omgeving voldoende specificeert, moet men ze enkel maar detecteren en is verdere elaboratie d.m.v. tussenliggende informatieverwerkingsprocessen dus overbodig, volgens Gibson e.a. directe perceptiepsychologen. De ecologische optica impliceert also een radicale breuk met het verleden: De directe perceptietheorie betekent dan niet enkel een nieuwe variatie in de theorie over het proces van de waarneming, maar een geheel nieuwe opvatting over perceptie als dusdanig (Gibson, 1966, 1979a; Reed, 1980; Reed & Jones, 1982; Shaw & McIntyre, 1974; Turvey & Prindle, 1978).

Perceptie wordt in de directe benadering nl. opgevat als de detectie van informatie of m.a.w. als *informatie-opname* i.p.v. informatieverwerking. Zien, horen, ruiken, smaken en voelen worden gezien als activiteiten waarbij men de invarianten uit de potentiële stimulatie opneemt (Gibson, 1964, 1966, 1979a). Voor de visuele perceptie bv. vergt de informatie-opname het nemen van opeenvolgende stalen uit het optisch veld („sampling“ genoemd), omdat een waarnemend organisme nooit de ganse omgeving in één oogopslag kan percipiëren. Uit deze successieve steekproeftrekkingen worden dan de hoger-orde variabelen (invarianten en affordanties) geëxtraheerd (Gibson, 1972c). Hierbij benadrukt Gibson dat het concaaf of camera-oog, waarbij een retinaal

beeld gevormd wordt (zoals in het visueel systeem van de meeste gewervelde dieren) slechts één mogelijke manier is om de informatie in het ambiënt licht te registreren. Ook een convex of samengesteld oog (wat bij de meeste ongewervelde dieren voorkomt, zoals bv. het facet-oog van bepaalde insecten) kan de orde in het optisch veld detecteren, want ook daar blijven de patronen in de ambiënte optische orde bewaard bij de stimulatie van de receptormozaïek (Gibson, 1958, 1961, 1966, 1974).

Aandacht wordt in de directe benadering opgevat als de controle op die detectie (Gibson, 1960c, 1966; Michaels & Carello, 1981). Door in het optisch veld actief op zoek te gaan naar relaties, verhoudingen, patronen, invarianten, enz. creëert het organisme een oneindig aantal nieuwe stimuli, waardoor het over nog meer, nog fijnere informatie kan beschikken. Dit is mogelijk dankzij lichaams-, hoofd- en oogbewegingen van de waarnemer. Bovendien biedt dit proces een mogelijke verklaring van interindividuele verschillen. Men zou immers kunnen denken dat alle waarnemers elk object op dezelfde manier zouden moeten zien, aangezien de informatie in het licht dit object volledig specificeert. Er zijn echter wel degelijk verschillen mogelijk t.g.v. het feit dat verschillende waarnemers aan verschillende delen van het optisch veld aandacht besteden. Ofschoon Gibson de affordantie van een object beschouwt als onafhankelijk van de behoeften van de waarnemer (cfr. supra), zijn er dus toch verschillende perceptuele saliënties van een affordantie mogelijk. D.w.z. dat de kans om aan een bepaalde affordanties aandacht te schenken, wel degelijk kan variëren i.f.v. waarnemerskenmerken (Michaels & Carello, 1981; Shaw & McIntyre, 1974; Shaw et al., 1982).

Niet onafhankelijk hiervan wordt *perceptueel leren* in de ecologische benadering opgevat als het opvoeden van de aandacht (Gibson, 1964, 1966, 1967b; Gibson & Gibson, 1955), waardoor een waarnemer meer invarianten in de stroom van optische informatie leert extraheren en dus fijnere verschillen leert discrimineren. Later werd deze theorie verder uitgewerkt (bv. E.J. Gibson, 1969).

Gibson (1966, 1979a) noemt het resultaat van dit extractieproces „*resonantie*” of „*afstemming*”: Wanneer een organisme de informatie in het licht detecteert of registreert, dan resoneert het met, of is het afgestemd op, de invariante structuren in het optisch veld. Men heeft de perceptie daarom wel eens vergeleken met een radio (Gibson, 1966; Michaels & Carello, 1981; Shaw & McIntyre, 1974). Belangrijke eigenschappen van de omgeving „zenden” informatie „uit” in de vorm van elektromagnetische straling (licht), die „gemoduleerd” wordt door

weerkaatsing. De perifere sensorïële organen vangen, zoals een „antenne”, de informatie op en het organisme wordt er dan verder op „afgestemd”. Belangrijk hierbij is dat men de invarianten in deze informatie nergens moet opslaan in de vorm van één of andere symbolische representatie. Op dit punt verschilt deze radiometafloor dus in aanzienlijke mate van de frequenter voorkomende computermetafoor. Een ander belangrijk verschil met de computerbenadering van de perceptie is dat men volgens de directe benadering geen berekeningen moet maken om te komen tot hoger-orde variabelen. Om dit aspect te belichten, vergelijkt men een waarnemingssysteem wel eens met een polaire planimeter (Michaels & Carello, 1981; Runeson, 1977, 1980). Zo'n polaire planimeter kan de oppervlakte (een variabele van hogere orde) van een geometrische figuur detecteren zonder deze te berekenen op basis van de lengte en de breedte (variabelen van lagere orde) ervan. Volgens de directe theorie lijkt het aannemelijk dat het visueel systeem de variabelen van hogere orde, zoals invarianten, op een gelijkaardige wijze onmiddellijk kan registreren zonder tussenliggende informatie-verwerkingsprocessen, waarbij de lagere-orde variabelen van het licht, zoals intensiteit en kleur, verder geëlaboreerd worden (Gibson, 1974).

Deze invarianten kunnen echter niet in de vorm van zenuwimpulsen als signalen naar de hersenen getransporteerd worden, maar moeten worden gedetecteerd of geregistreerd door actieve *perceptuele systemen*. Gibson (1963, 1966, 1974, 1979a) maakt dan ook een onderscheid tussen theorieën die zintuigen opvatten als kanalen voor sensaties, en zijn eigen theorie, die zintuigen beschouwt als actief i.p.v. passief, als systemen i.p.v. kanalen en als verband houdend met elkaar i.p.v. mutueel exclusief. Dit onderscheid loopt volledig parallel met het verschil tussen „sensation-based” en „information-based” theorieën, want wanneer men de stimulusinformatie verschillend opvat, moeten de zintuigen eveneens anders beschouwd worden (cfr. supra). Vroeger deelde men de zintuigen in volgens de verschillende gewaarwordingen: visueel, auditief, olfactief, gustatief en tactiel. Maar wanneer de zintuigen beschouwd worden als perceptuele systemen, blijkt dat deze overlappende functies hebben, aangezien informatie over dezelfde bron in de omgeving vaak op verschillende wijze en veelvuldig geregistreerd wordt: Vuur bv. kan men zien, horen, ruiken en (pijnlijk genoeg) ook voelen. Een herclassificatie van de perceptuele systemen is dus gewenst (Gibson, 1964) en wordt door Gibson ook gegeven in „The Senses Considered as Perceptual Systems” (1966). Daar deelt hij de waarnemingssystemen in volgens aandacht, type van receptoren, typische activiteiten, beschikbare stimula-

tie en de aard van de daarin aanwezige informatie. Zo komt hij tot het oriënteringssysteem, het auditief systeem, het haptisch systeem, het smaak-ruikstelsel en het visueel systeem. Dat deze indeling wel degelijk wezenlijk verschilt van de klassieke classificaties, blijkt uit de manier waarop Gibson bv. het visuele systeem opvat. Dit is volgens hem een actief systeem van lens, retina, zenuwen en spieren (Gibson, 1960c) of een oog-hoofd-exploratorisch systeem (Gibson, 1970). Dit bevat dus ook heel wat lichaams-, hoofd- en oogspieren voor de exploratorische activiteit (Gibson, 1964).

Terwijl de zintuigen in de indirecte perceptietheorieën opgevat worden als de verschaffers van de bouwstenen voor de creatie van bewuste ervaring, ziet de ecologische benadering de fundamentele rol van de perceptuele systemen als het verwerven van informatie i.f.v. de activiteit (Turvey & Prindle, 1978). *Waarnemen en handelen* worden dus niet langer onderscheiden m.b.v. de dichotomie tussen sensorisch en motorisch of tussen stimulus en respons, maar worden beschouwd als twee vormen van doelgericht gedrag met verschillende, maar elkaar ondersteunende functies: De functie van de waarneming is het onderzoeken van de omgeving, de formulering van de doelstellingen en de begeleiding van de actie, terwijl handelen als functie heeft de bewegingen uit te voeren, de doelen te vervullen en het organisme van nieuwe informatie te voorzien (Reed & Jones, 1982). Eigenlijk is deze visie het gevolg van de theorie over affordanties, waardoor perceptie in de ecologische benadering beschouwd wordt als het detecteren van de gedragingen die door objecten, plaatsen en gebeurtenissen in de omgeving toegestaan worden. Waardevolle perceptie moet zich manifesteren in geschikt en effectief gedrag in de omgeving en om tot dit effectief en adequaat gedrag te kunnen komen, moet de actor voorzien worden van informatie met adaptieve betekenis. In die zin worden gedrag en waarneming in de ecologische theorie opgevat als elkaar wederzijds beperkend (Fowler & Turvey, 1978, 1982; Michaels & Carello, 1981; Shaw & Turvey, 1981; Turvey, 1977; Turvey & Shaw, 1979; Turvey, Shaw & Mace, 1978; Turvey, Shaw, Reed, & Mace, 1981).

Het hoeft geen betoog dat de ecologische benadering hiermee duidelijk buiten de oevers van een gewone perceptietheorie getreden is. Toch gaan de recente aanhangers van Gibsons directe perceptietheorie verder op de ingeslagen weg en streven ze zelfs naar *een ecologische eenheidswetenschap*, waarbij niet alleen de grenzen tussen perceptie en gedrag doorbroken worden, maar tevens bruggen gebouwd worden tussen de verschillende wetenschappelijke disciplines (Michaels & Carello, 1981;

Shaw & Turvey, 1981; Turvey & Carello, 1981). Het is trouwens opvallend hoe nauw de ecologische benadering in de perceptietheorie verwant is met de „nieuwe fysica” (relativiteitstheorie en quantummechanica). Ook fysici wijzen op het verband met perceptietheorieën: „... De quantumtheorie houdt niet alleen nauw verband met filosofie, maar ook — en dat wordt steeds duidelijker — met perceptietheorieën...” (Zukav, 1984, p. 344). Uit Zukavs recent overzicht van deze nieuwe fysica blijkt bv. hoe gemeenschappelijk het jargon is dat men in beide wetenschappen hanteert: patronen van relaties i.p.v. individuele entiteiten (p. 107), complementariteit (p. 128), relativiteitstheorie als een theorie over het invariant aspect van de fysische werkelijkheid (p. 186), symmetriewetten (p. 195), het belang van de niet-Euclidische meetkunde (p. 208), enz. „... Therefore, it is not unreasonable to suppose that in the years to come, there should arise a scientific ecology that encompasses the science of the living and the non-living, on one hand, and the intelligent and non-intelligent on the other (where perception and action are included among intelligent functions of matter). Psychologists no longer have the luxury of merely sitting back and letting the physicists and biologists work on the fundamental grains of analysis at which ultimate constraints of ecosystems emerge. Rather, the time may well be upon us when the language of description we develop as psychologists provides constraints on the doing of physics and biology. Thus, we seem to be at that point sometimes referred to as the ‘mind-matter meld’ or, better, we think, the animal-world synergy...” (Shaw & Turvey, 1981, p. 415).

REFERENTIES

- Cutting, J.E. (1982). Two ecological perspectives: Gibson vs. Shaw and Turvey. *American Journal of Psychology*, 95, 199-222.
- Fodor, J.A., & Pylyshyn, Z.W. (1981). How direct is visual perception?: Some reflections on Gibson's „Ecological Approach”. *Cognition*, 9, 139-196.
- Fowler, C.A., & Turvey, M.T. (1978). Skill acquisition: An event approach with special reference to searching for the optimum of a function of several variables. In G.E. Stelmach (Ed.), *Information processing in motor control and learning* (pp. 1-40). New York: Academic Press.
- Fowler, C.A., & Turvey, M.T. (1982). Observational perspective and descriptive level in perceiving and acting. In W.B. Weimer & D.S. Palermo (Eds.), *Cognition and the symbolic processes* (Vol. 2, pp. 1-20). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, E.J. (1969). *Principles of perceptual learning and development*. New York: Appleton-Century-Crofts.

- Gibson, E.J. (1982). Foreword. In E.S. Reed & R.K. Jones (Eds.), *Reasons for realism* (pp. iv-xiv). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (1950). *The perception of the visual world*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J.J. (1954). The visual perception of objective motion and subjective movement. *Psychological Review*, 61, 304-314.
- Gibson, J.J. (1957). Optical motions and transformations as stimuli for visual perception. *Psychological Review*, 64, 288-295.
- Gibson, J.J. (1958). Visually controlled locomotion and visual orientation in animals. *British Journal of Psychology*, 49, 182-194.
- Gibson, J.J. (1960a). The information contained in light. *Acta Psychologica*, 17, 23-30.
- Gibson, J.J. (1960b). The concept of the stimulus in psychology. *American Journal of Psychology*, 15, 694-703.
- Gibson, J.J. (1960c). Pictures, perspective, and perception. *Daedalus*, 89, 216-227.
- Gibson, J.J. (1961). Ecological optics. *Vision Research*, 1, 253-262.
- Gibson, J.J. (1963). The useful dimensions of sensitivity. *American Psychologist*, 18, 1-15.
- Gibson, J.J. (Written in 1964). The uses of proprioception and the detection of propriospecific information. In E.S. Reed & R.K. Jones (Eds.), *Reasons for realism* (pp. 164-170). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. London: Allen & Unwin.
- Gibson, J.J. (Written in 1967a). What is perceived? Notes for a reclassification of the visible properties of the environment. In E.S. Reed & R.K. Jones (Eds.), *Reasons for realism* (pp. 401-403). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (1967b). Autobiography. In E.G. Boring & G. Lindzey (Eds.), *A history of psychology in autobiography* (Vol. 5, pp. 125-143). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Gibson, J.J. (Written in 1970). A history of the ideas behind ecological optics: Introductory remarks at the workshop on ecological optics held at Cornell University in Ithaca. In E.S. Reed & R.K. Jones (Eds.), *Reasons for realism* (pp. 90-101). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (Written in 1971). A preliminary description and classification of affordances. In E.S. Reed & R.K. Jones (Eds.), *Reasons for realism* (pp. 403-406). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (Written in 1972a). Note on the distinction between stimulation and stimulus information. In E.S. Reed & R.K. Jones (Eds.), *Reasons for realism* (pp. 348-349). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (Written in 1972b). The affordances of the environment. In E.S. Reed & R.K. Jones (Eds.), *Reasons for realism* (pp. 408-410). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (1972c). A theory of direct visual perception. In J.R. Royce & W.M. Rozeboom (Eds.), *The psychology of knowing* (pp. 215-227). New York: Gordon & Breach.
- Gibson, J.J. (1974). A note on ecological optics. In E.C. Carterrette & M.P. Friedman (Eds.), *Handbook of perception* (Vol. 1, pp. 309-312). New York: Academic Press.

- Gibson, J.J. (Written in 1975). Affordances and behavior. In E.S. Reed & R.K. Jones (Eds.), *Reasons for realism* (pp. 410-411). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (Written in 1976). The theory of affordances and the design of the environment. In E.S. Reed & R.K. Jones (Eds.), *Reasons for realism* (pp. 413-416). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (1977). On the analysis of change in the optic array. *Scandinavian Journal of Psychology*, 18, 161-163.
- Gibson, J.J. (1979a). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J.J. (Written in 1979b). Ecological physics, magic, and reality. In E.S. Reed & R.K. Jones (Eds.), *Reasons for realism* (pp. 217-223). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J., & Gibson, E.J. (1955). Perceptual learning: Differentiation or enrichment? *Psychological Review*, 62, 32-41.
- Harré, R. (1983). *Great scientific experiments: Twenty experiments that changed our view of the world*. Oxford: University Press.
- Hay, J.C. (1966). Optical motions and space perception: An extension of Gibson's analysis. *Psychological Review*, 73, 550-565.
- Hochberg, J. (1982). How big is a stimulus? In J. Beck (Ed.), *Organization and representation in perception* (pp. 191-217). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14, 201-211.
- Lee, D.N. (1974). Visual information during locomotion. In R.B. MacLeod & H.L. Pick, Jr. (Eds.), *Perception: Essays in honor of James J. Gibson* (pp. 250-267). Ithaca: Cornell University Press.
- Lee, D.N. (1978). The function of vision. In H.L. Pick, Jr. & E. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information* (pp. 159-170). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lee, D.N., & Lishman, J.R. (1977). Visual control of locomotion. *Scandinavian Journal of Psychology*, 18, 224-230.
- Lishman, J.R., & Lee, D.N. (1973). The autonomy of visual kinesthesia. *Perception*, 2, 287-294.
- Mace, W.M. (1974). Ecologically stimulating cognitive psychology: Gibsonian perspectives. In W.B. Weimer & D.S. Palermo (Eds.), *Cognition and the symbolic processes* (Vol. 1, pp. 137-164). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mace, W.M. (1977). James J. Gibson's strategy for perceiving: Ask not what is inside your head, but what your head is inside of. In R.E. Shaw & J.D. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology* (pp. 43-65). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Michaels, C.F., & Carello, C. (1981). *Direct perception*. Englewood-Cliffs: Prentice-Hall.
- Reed, E.S. (1980). Information pickup is the activity of perceiving. *Behavioral and Brain Sciences*, 3, 397-398.
- Reed, E.S., & Jones, R.K. (1982). *Reasons for realism*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Runeson, S. (1977). On the possibility of „smart“ perceptual systems. *Scandinavian Journal of Psychology*, 18, 172-179.
- Runeson, S. (1980). There is more to psychological meaningfulness than computation and representation. *Behavioral and Brain Sciences*, 3, 399-400.

- Sedgwick, H.A. (1980). The geometry of spatial lay-out in pictorial representation. In M.A. Hagen (Ed.), *The perception of pictures* (Vol. 1). New York: Academic Press.
- Shannon, C.E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communications*. Urbana: University of Illinois Press.
- Shaw, R.E., McIntyre, M., & Mace, W.M. (1974). The role of symmetry in event perception. In R.B. MacLeod & H.L. Pick, Jr. (Eds.), *Perception: Essays in honor of James J. Gibson* (pp. 276-310). Ithaca: Cornell University Press.
- Shaw, R.E., & Pittenger, J. (1977). Perceiving the face of change in changing faces: Implications for a theory of object perception. In R.E. Shaw & J.D. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology* (pp. 103-132). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Shaw, R.E., & Pittenger, J. (1978). Perceiving change. In H.L. Pick, Jr. & E. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information* (pp. 187-204). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Shaw, R.E., & Turvey, M.T. (1981). Coalitions as models for ecosystems: A realist perspective on perceptual organization. In M. Kubovy & J.R. Pomerantz (Eds.), *Perceptual organization* (pp. 343-415). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Shaw, R.E., Turvey, M.T., & Mace, W.M. (1982). Ecological psychology: The consequence of a commitment to realism. In W.B. Weimer & D.S. Palermo (Eds.), *Cognition and the symbolic processes* (Vol. 2, pp. 159-226). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Shepard, R.N. (1981). Psychophysical complementarity. In M. Kubovy & J.R. Pomerantz (Eds.), *Perceptual organization* (pp. 279-341). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Turvey, M.T. (1977). Preliminaries to a theory of action with reference to vision. In R.E. Shaw & J.D. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology* (pp. 211-265). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Turvey, M.T., & Carello, C. (1981). Cognition: The view from ecological realism. *Cognition*, 10, 313-321.
- Turvey, M.T., & Prindle, S.S. (1978). Modes of perceiving: Abstracts, comments, and notes. In H.L. Pick, Jr. & E. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information* (pp. 205-224). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Turvey, M.T., & Shaw, R.E. (1979). The primacy of perceiving: An ecological reformulation of perception for understanding memory. In L.G. Nilsson (Ed.), *Perspectives on memory research: Essays in honor of Uppsala University's 500th Anniversary* (pp. 167-222). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Turvey, M.T., Shaw, R.E., & Mace, W.M. (1978). Issues in the theory of action: Degrees of freedom, coordinative structures, and coalitions. In J. Requin (Ed.), *Attention and performance* (Vol. 8, pp. 557-595). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ullman, S. (1980). Against direct perception. *Behavioral and Brain Sciences*, 3, 373-381.
- Wagemans, J.P. (in press). Direct theory of perception: An evaluation by representatives of indirect theories of perception.

- Walk, R., & Gibson, E.J. (1961). A comparative and analytical study of depth perception. *Psychological Monographs*, 75, Nr. 519, 1-44.
- Walk, R., Gibson, E.J., & Tighe, T. (1957). The behavior of light- and dark reared rats on a visual cliff. *Science*, 126, 80-81.
- Weimer, W.B., & Palermo, D.S. (Eds.) (1982). *Cognition and the symbolic processes*. (Vol. 2). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Zukav, G. (1984). *De dansende Woe-Li meesters: Een overzicht van de nieuwe fysica*. Amsterdam: Bakker.

Tiensestraat 102
3000 Leuven

Received October 1985