

Echo's van de RASURA: Het leren identificeren van complexe stimuli

Dr. J. A. MICHON

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

Echoes of RASURA: A problem in complex sound identification

Samenvatting

Het leren onderscheiden en identificeren van complexe en onderling verwante stimuli – zoals RASURA radar-echo's – kan opgevat worden als het tot stand komen van een „subjectief model” of „interne representatie” van de buitenwereld. Onderzoek van de „representaties” die bij meester en leerling aanwezig zijn, kan bijdragen tot bespoediging van het leren waarnemen.

Summary

Learning to distinguish or identify complex, interrelated stimuli – such as RASURA radar-echo's – may be conceived of as formation of a „subjective model” or „internal representation” of the real world.

Studying the „representations” of master and pupil, may lead to improvements in learning perceptual skills.

1. Inleiding

Het onderscheiden en identificeren van objecten is een taak die in vele varianten wordt aangetroffen. Zowel in militaire als in industriële omstandigheden kan tijdige herkenning een zaak van leven en dood zijn: vijandelijke vliegtuigen en een verkeerde vloeistof in een medicijnflesje kunnen leiden tot eenzelfde katastrofaal resultaat. Vooral bij de identificatie van complexe geluiden doen zich vaak problemen voor. In het algemeen ontbreken hierbij onder meer de belangrijke bewegingskenmerken, welke identificatie bij visuele presentatie op een radarscherm vergemakkelijken. Dit soort factoren brengt met zich, dat ook het *leren* onderscheiden een zware opgave wordt, evenals trouwens de taak van de instructeur: het overdragen van de relevante kennis.

De kennisoverdracht geschiedt gewoonlijk mondeling. De instructeur zal daarbij trachten de leerling te wijzen op het verschil tussen doel en achtergrondslawaai, op de karakteristieke kenmerken van elk geluid, om daarmee het geheugen van de leerling te „structureren”. De instructeur kan evenwel door een ongelukkige keuze van zijn beschrijvingen de leerling op een dwaalspoor brengen. Hij kan zelfs verkeerde, voor identificatie betekenisloze, kenmerken benadrukken. Deze en andere, soortgelijke, vragen worden acuut, wanneer men een opleiding wenst te bekorten zonder achteruitgang van

de prestatie. Een dergelijk geval deed zich voor met de RASURA-radaropleiding aan de Cavalerie-school in Amersfoort. De RASURA is een draagbaar doppler-radar systeem waarbij de echo's in een hoofdtelefoon worden hoorbaar gemaakt.

Op verzoek van de Inspecties van de Verbindingsdienst en de Cavalerie van de Koninklijke Landmacht werd een onderzoek ingesteld naar de mogelijkheden de opleiding van het RASURA-personeel te verbeteren. Daarbij werd ook aandacht besteed aan samenstelling van het lesmateriaal [4].

In de navolgende beschouwing zal dit punt nader aan de orde gesteld worden. Daarbij ontkomt men niet aan een fundamentele bezinning op de vraag hoe men de kennis kan kwantificeren die bij de instructeur aanwezig is en bij de leerling (nog) niet. We hebben gemeend de lezer deze fundamentele overwegingen niet te moeten onthouden.

2. Waarnemen moet geleerd worden

In de loop van zijn ontwikkeling leert de mens geleidelijk welke onderscheidingskenmerken het hem mogelijk maken, dingen te identificeren en van elkaar te onderscheiden. Slechts van een klein aantal kenmerken van de wereld om ons heen mag men aannemen dat zij in de menselijke natuur verankerd liggen: zeer jonge kinderen zullen niet over

de rand van een tafel kruipen, zelfs niet op aandrang van de moeder, ook al is er door afdekking met een stevige glasplaat in feite geen „afgrond” meer waar het kind in kan vallen [2].

De botanicus, de geoloog, de schaakmeester, evenals trouwens iedere andere vakman, is in staat een groot aantal tot zijn specialisme behorende specimen - planten, keien, schaakstellingen - direct te herkennen. In de loop der tijd heeft hij zich als het ware een „model of representatie” van de buitenwereld eigen gemaakt, dat gebaseerd is op in zijn vak geldige onderscheidingskenmerken. Zinvol waarnemen - onderscheiden en identificeren - is gebaseerd op zo'n „interne representatie”.

Studie van de aard van deze representaties en van de wijze waarop zij tot stand komen is van fundamenteel belang voor het inzicht in de waarnemingsprocessen, en kan aldus onder meer leiden tot meer effectieve methoden voor de training in complexe perceptietaken, waarvan de RASURA een duidelijk voorbeeld is.

3. Hiërarchische representaties

Mensen hebben een voorliefde voor bepaalde representatievormen. Zo valt een aantal ervaringsverschijnselen op een vanzelfsprekende manier te rangschikken in een hiërarchische structuur. Familiestambomen en militaire commandostructuren bijvoorbeeld, zijn hiërarchisch geordend, respectievelijk met betrekking tot afstamming en ondergeschiktheid.

Dit type „model” is gekenmerkt door de aanwezigheid van individuen op de vertakkingspunten. Daarin wijkt het af van de hiërarchische ordening van een klassificatieschema, zoals de indeling van het dierenrijk. Op de vertakkingspunten vinden we hier geen individuen, maar kenmerken die de individuen al dan niet bezitten. De hiërarchische structuur is in dit geval dus een representatie van een systeem van genestelde verzamelingen (Fig. 1). Het bezit van een bepaalde reeks kenmerken definieert de plaats van het individu in het schema en een getraind waarnemer weet deze kenmerken te vinden en te evalueren, in de goede volgorde. De „naïeve” waarnemer daarentegen ontgaan deze eigenschappen, of hij neemt ze niet in hun juiste verband waar.

4. Subjectieve representaties van de dierenwereld

Dit kunnen we illustreren met een eenvoudig experiment. Schematische afbeeldingen van de acht dieren die in Fig. 1 het dierenrijk vertegenwoordigen werden drie aan drie voorgelegd aan een meisje van vier jaar, een jongen van zes jaar en een volwassene. Van elk aangeboden drietal moest de proefpersoon aanwijzen welke twee dieren het meest „bij elkaar horen” en welke twee het minst. Alle 56 verschillende drietallen die van de acht die-

ren kunnen worden gevormd, werden achtereenvolgens op deze manier afgewerkt, zodat elk tweetal in zes combinaties met een derde moest worden geëvalueerd. Enkele dagen later werd het gehele experiment nog eens herhaald.

Voor elke maal dat een bepaald paar als „meest bijeenhorend” werd beoordeeld werden 2 punten toegekend, voor elk oordeel „minst bijeenhorend” 0 punten. Het derde, neutrale, paar in elk drietal kreeg 1 punt. Door de tweemaal zes scores voor elk paar op te tellen verkrijgt men een matrix waarin de mate van overeenkomst tussen elk paar dieren in een getal is uitgedrukt. Uit deze matrix kan men de subjectieve ordening die de proefpersoon in het materiaal aanbrengt gemakkelijk afleiden.

Daartoe beschouwen we Fig. 1 nogmaals. Uitgaande van een individu, bijvoorbeeld de *vleermuis*, tellen we het aantal begrenzingen van deelverzamelingen dat overschreden moet worden om tot een ander individu te komen; dit aantal beschouwen we als hun onderlinge afstand. Het is duidelijk dat, wanneer zich twee individuen in één deelverzameling bevinden, de afstanden tussen ieder van deze individuen en een derde individu erbuiten, niet van elkaar onderscheiden kunnen worden. Niet onderscheidbare individuen (of deelverzamelingen) bevinden zich daarom noodzakelijk in dezelfde vertakking van de hiërarchische structuur. Deze relatie impliceert dat elk experimenteel geconstateerd verschil in de afstand tussen bijvoorbeeld *vleermuis* en *vlinder* enerzijds, en die tussen *vleermuis* en *mug* anderzijds berust op inconsistenties in de oordelen van de proefpersoon, of dat er een niet-hiërarchische representatie aan zijn beoordelingen ten

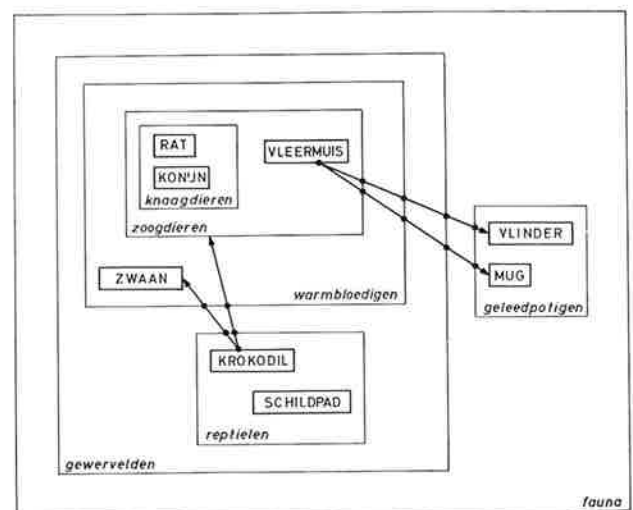


Fig. 1. Deel van het dierenrijk als complex van genestelde verzamelingen. De pijlen geven aan dat de „afstanden” van een willekeurig uitgangspunt (bijv. krokodil) tot equivalente deelverzamelingen (zoogdieren en zwaan, binnen de warmbloedigen) gelijk zijn.

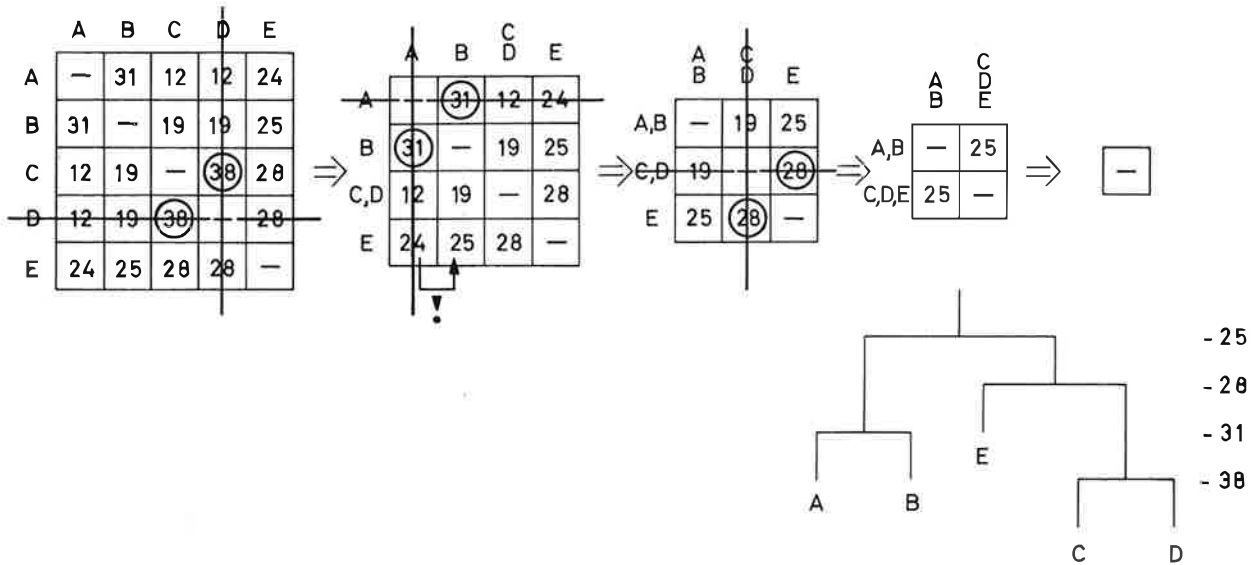


Fig. 2. Johnson's hiërarchische clusteranalyse, waarmee hiërarchische structuren worden afgeleid uit overeenstemmingsmatrices. De berekening behelst de volgende stappen:

1. Zoek de individuen met de grootste overeenkomst. Deze vormen een of meer kernen.
2. Ten opzichte van buiten een kern gelegen individuen zijn de individuen binnen een kern niet meer van elkaar te onderscheiden. Voeg daarom de desbetreffende rijen en kolommen van de matrix samen.
3. Bij ideale gegevens bevatten deze rijen en kolommen identieke waarden. Zo niet, kies dan de hoogste waarden als celwaarden voor de gecombineerde rij en kolom.
4. Herhaal de stappen 1 tot en met 3 tot de matrix is gereduceerd tot een enkele cel. De resulterende structuur kan vervolgens geconstrueerd worden, waarbij de „matrixwaarden” waarop vertakkingen plaats vinden kunnen worden aangeduid.

grondslag ligt. De hiërarchische structuur wordt uit de overeenstemmingsmatrix verkregen met behulp van een door Johnson [3] beschreven clusteranalyse techniek die op het voorgaande argument gebaseerd is. Wij geven het algoritme in Fig. 2.

Met deze methode werden de gegevens van het dierenexperiment bewerkt. De resulterende „stambomen” zijn weergegeven in Fig. 3. Terwijl de volwassene (A) een „perfecte” representatie vertoont, is de wijze waarop het dierenrijk gerepresenteerd is bij de kinderen (B en C) sterk afwijkend.

Klaarblijkelijk spelen voor hen gedragskenmerken als „zachtaardig”, „bijten of prikken”, „vliegen” en „zwemmen” een grotere rol dan bij de volwassene, voor wie morfologische kenmerken belangrijker zijn [5].

Het valt op, hoe sterk deze representaties bepaald worden door persoonlijke ervaringen: waarschijnlijk heeft elk kind aanvankelijk een geheel eigen representatie, en conformeert het zich pas geleidelijk meer aan de „ontmythologiseerde” representatie van de bioloog.

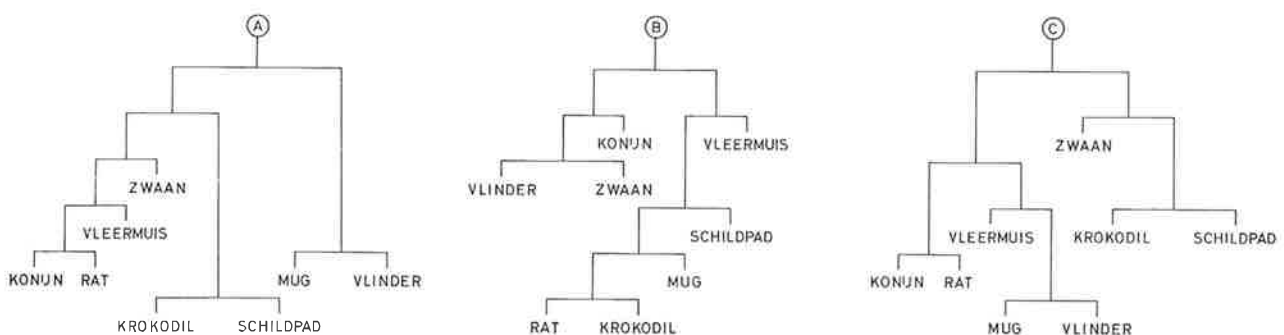


Fig. 3. Subjectieve „modellen” van de ordening in het partiële dierenrijk van Fig. 1, volgens A: volwassene, geheel in overeenstemming met Fig. 1; B: 4-jarig kind; C: 6-jarig kind.

5. De RASURA-opleiding: leren van een complexe perceptietaak

Een analyse van de wijze waarop een stuk werkelijkheid subjectief gerepresenteerd is, kan van groot belang zijn voor het leren van perceptieve taken, vooral indien een duidelijke logische ordening in de taakelementen ontbreekt. Dat is onder meer het geval bij het identificeren van SONAR-geluiden, elektro-encefalogrammen en dergelijke, waar de kenmerken zo complex zijn dat uitputtende classificatie vooralsnog niet mogelijk is, ook al omdat men gewoon niet weet welke kenmerken objectief relevant zijn.

De ervaring leert, dat sommige mensen zeer goed in staat zijn zulke complexe gegevens correct te identificeren, en het is de moeite waard, na te gaan van welke representaties deze mensen zich bedienen. Wellicht kunnen hun representaties overgedragen worden op leerlingen, op een meer systematische manier dan mogelijk is via het gebruikelijke „leerlingenstelsel”.

Een gelegenheid om deze vraag nader onder ogen te zien deed zich voor in een opdracht, van de Inspecties van de Verbindingsdienst en Cavalerie, om na te gaan of de opleiding van RASURA-radar personeel kon worden bekort en gestroomlijnd [4].

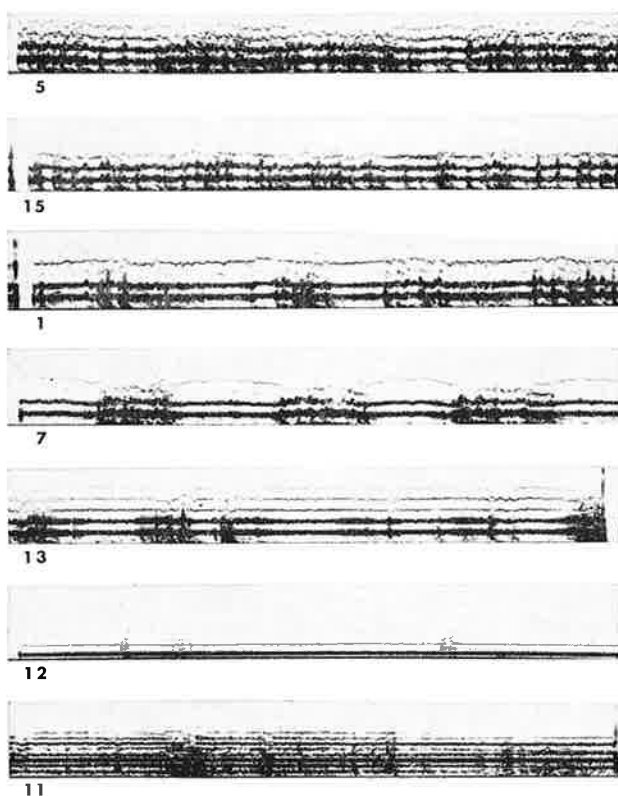


Fig. 4. Sonogrammen van enkele RASURA-echo's (de nummers corresponderen met de in Tabel 1 genoemde objecten). Het frequentie-spectrum van de geluiden is als functie van de tijd weergegeven. Verticaal staat de frequentie uit; de energie per frequentieband is aangeduid door de zwarting.

De RASURA is een doppler-radar systeem met auditief „display”; dat wil zeggen, de waarnemer moet trachten uit het geruis, gefluit en geratel in een hoofdtelefoon op te maken of er personen aanwezig zijn in de door zijn apparaat bestreken terreinsector, en zo ja, hoeveel en van welke aard. De gebruikelijke training bestaat uit het herhaaldelijk aanbieden van doelen, via een geluidsband of in het veld. Tijdens de lessen wordt de leerling telkens verteld welk geluid hij hoort. Daarbij gaat men echter niet systematisch uit van de onderscheidingskenmerken die het verschil tussen de geluiden zoveel mogelijk accentueren. Een dergelijke systematische benadering is wel gerealiseerd in een Brits programma voor SONAR-waarnemers [1], waarbij echter synthetische geluiden gebruikt werden, zodat men de relevante kenmerken volledig in de hand had.

Voorshands ontbrak dit alternatief bij de RASURA-opleiding. In plaats daarvan hebben we nagegaan welke representatie ten grondslag ligt aan de identificatie van RASURA-geluiden door ervaren waarnemers (instructeurs). Daarnaast is onderzocht, of het effect van training inderdaad weerspiegeld wordt in de subjectieve representatie van de leerlingen.

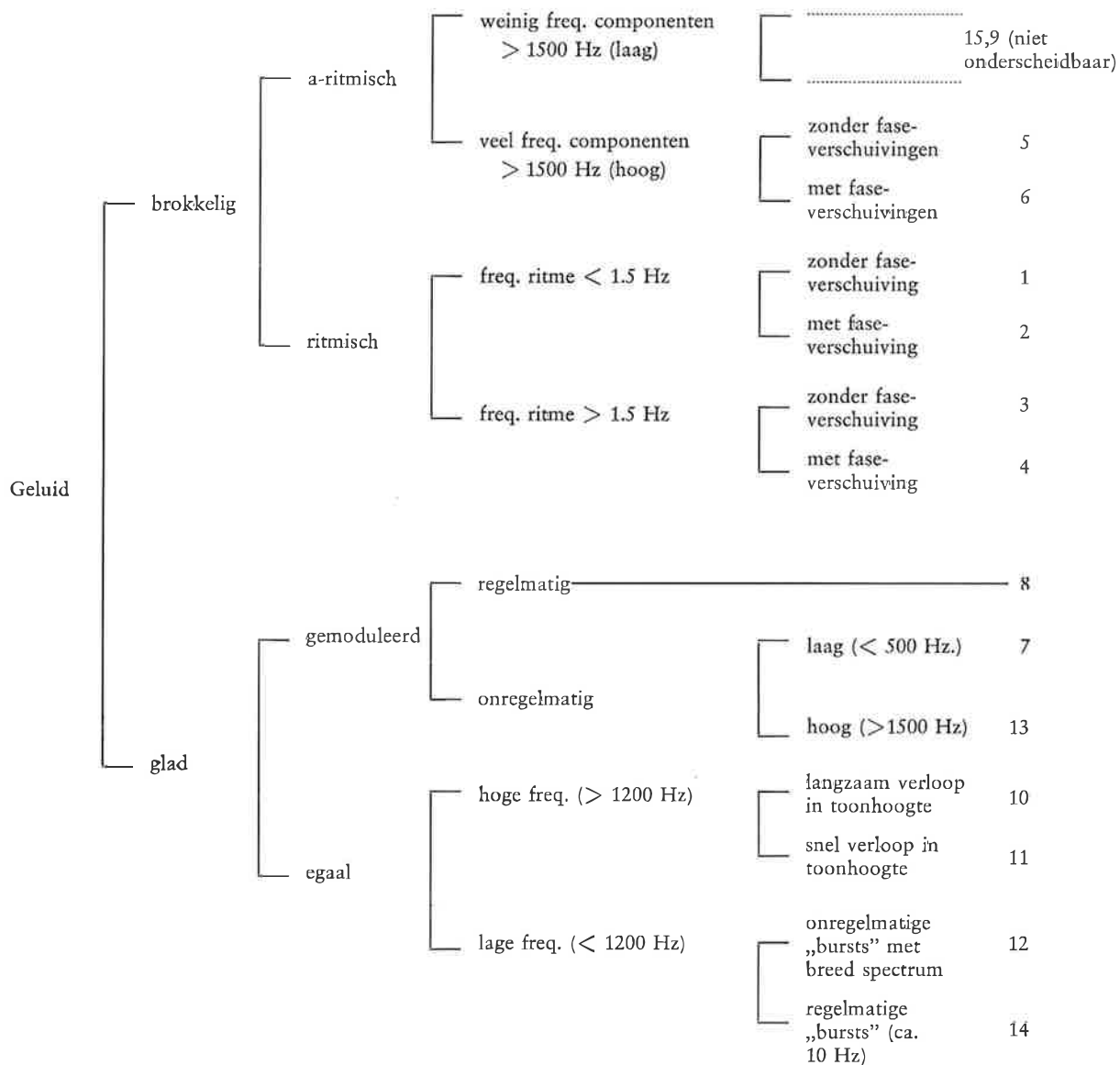
De proefpersonen, 6 instructeurs en 8 leerlingen, konden, door te drukken op één van drie knoppen, achtereenvolgens luisteren naar drie RASURA-

Tabel 1. 15 RASURA-echo's, gebruikt in het in de tekst beschreven experiment.

Nummer	Omschrijving
1	1 lopende man
2	4 lopende mannen
3	1 rennende man
4	3 rennende mannen
5	1 kruipende man
6	2 kruipende mannen
7	hand-cornerreflector
8	draaiende cornerreflector
9	lichte begroeiing
10	langzaam wielvoertuig
11	snel wielvoertuig
12	tank
13	snelle wielrijder
14	vliegende helikopter
15	kudde grazende koeien

geluiden, die waren gekozen uit een totaal van 15 in de training gebruikte geluiden (Tabel 1 en Fig. 4). Deze geluiden waren opgenomen op bandcassettes, en door het afspelen van drie van deze cassettes op cassetterecorders werden de geluiden - na versterking en via een selectorschakeling - via hoofdtelefoons aan de proefpersonen aangeboden. Aan de 8 leerlingen werd het experiment tweemaal op deze wijze afgenomen: eenmaal vóór de training, en eenmaal na een intensieve training van zes halve uren (gemiddelde „examenscore” 70%). Met behulp van Johnson's clusteranalyse werd

Tabel 2. Onderscheidingskenmerken waarop identificatietraining gebaseerd zou kunnen worden. Deze klassificatie sluit zo goed mogelijk aan bij de subjectieve ordening van de instructeurs (Fig. 5).



voor instructeurs, naïeve, en getrainde leerlingen de hiërarchische representatie bepaald. Doordat de resultaten van een aantal proefpersonen gecombineerd zijn, treden individuele verschillen niet meer aan de dag. De resultaten zijn weergegeven in Fig. 5. Daaruit blijkt, dat met het toenemen van de ervaring een betere differentiatie van de structuur

tot stand komt. Naïeve proefpersonen letten op zeer specifieke kenmerken, en elimineren daardoor telkens maar één of twee alternatieven. Dit vereist een veel groter aantal beslissingen dan een meer gerichte keuze die het aantal mogelijkheden op elk vertakkingspunt ongeveer halveert. Een naïeve proefpersoon heeft gemiddeld dan ook

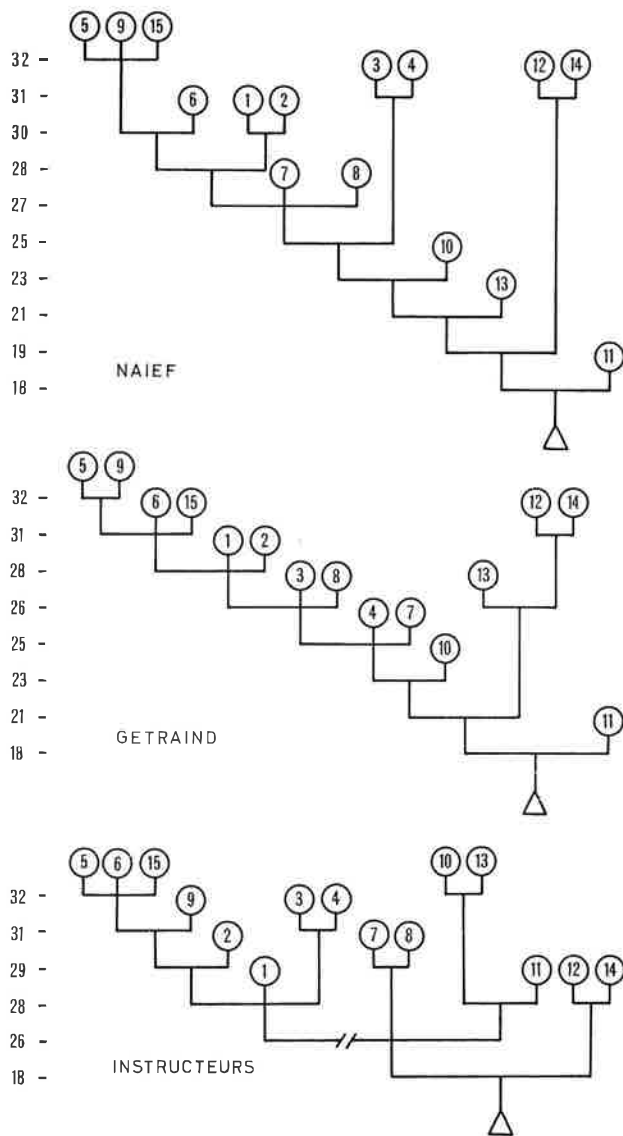


Fig. 5. Subjectieve representatie van 15 RASURA-echo's (zie Tabel 1), bij ongetrainde proefpersonen, bij dezelfde proefpersonen na 3 uur intensieve training, en bij instructeurs.

10 keuzepunten nodig om tot een identificatie te komen; na enige training is dit aantal teruggebracht tot 8. De instructeurs (die zelf overigens hun opleiding pas 2 of 4 maanden tevoren voltooid hadden) hadden gemiddeld 6 keuzepunten nodig.

De representatie van de instructeurs, hoewel geenszins volmaakt, zou als basis kunnen dienen voor een meer systematische indeling van het lesmateriaal. Vergelijking van de geluiden met betrekking tot hun tonale kwaliteiten en hun spectrogrammen (Fig. 4), maakt het aannemelijk, dat de klassificatie die in Tabel 2 is gegeven, en die zoveel mogelijk aansluit bij de subjectieve ordening van de instructeurs, voor dit doel geschikt is. In plaats van de echo's aan te bieden in een volstrekt willekeurige volgorde, dient bij de lessen speciale nadruk te vallen op de onderscheidingskenmerken die in Tabel 2 zijn neergelegd. Een nieuwe opzet van het lesmateriaal, waarin dit verwezenlijkt is dient nader te worden uitgewerkt, en beproefd.

Literatuur

- [1] Corcoran, D. W. J., Carpenter, A., Webster, J. C. and Woodhead, M. M.: An investigation of some techniques for training operators in the skills of passive listening. Medical Research Council, APRU, Cambridge, Rep. RNP/167/1096.
- [2] Gibson, E. J. and Walk, R. D.: The „visual cliff”. Scientific American 202, 64-71 (1960)
- [3] Johnson, S. C.: Hierarchical clustering schemes. Psychometrika 32, 241-254 (1967).
- [4] Michon, J. A. en Alberts, E.: Enkele mogelijkheden tot verbetering van de opleiding van RASURA-radarpersoneel. Instituut voor Zintuigfysiologie, RVO-TNO Rapp. IZF 1968-7.
- [5] Morris, D.: De naakte aap. Utrecht: Bruna, 1968 (Oospr. titel: The naked Ape.).