

RIJKSUNIVERSITEIT GENT  
Faculteit van Letteren en Wijsbegeerte  
Akademiejaar 1992-1993

# Een Onzichtbaar Muziekinstrument

Boekdeel 1

Hoofdstuk 1



Proefschrift ingediend tot het behalen van  
de graad van Doktor in de  
Kunstgeschiedenis en Oudheidkunde,  
richting Muzikologie,

door Godfried-Willem RAES

Promotor: Prof.Dr.Ferdinand DE HEN



1.2.2.2.: Kontaktloze-systemen	p.63
1.2.2.2.0.: Vloermat-systemen	
Artistieke toepassing: Doug Collinge & S.Parkinson	
1.2.2.2.1.: Optische systemen	p.63
1.2.2.2.1.1.: 'domme' optische systemen	p.64
1.2.2.2.1.1.1.: - fotocellen, fotoweerstanden, fotohalfgeleiders	
Historiek	
Artistieke toepassingen: Jacques Dudon	p.67
Toepassingsmogelijkheden als bewegingsinstrument	
Artistieke toepassingen: Marek Choloniewsky	
Optorgofoon	
Kees Van Zelst	
Peter Vogel	
Donald Buchla 'Lightning'	
1.2.2.2.1.1.2.: - naieve beeld-klank omzeters	p.72
Artistieke toepassing: David Rokeby	
1.2.2.2.1.1.3.: - pyrodetektoren	p.73
1.2.2.2.1.2.: intelligente optische systemen	p.75
Artistieke toepassingen: Fred Kolman 'cube'	
Simon Veitch '3DIS'	
1.2.2.2.2.: Elektrische systemen	p.79
1.2.2.2.2.1.: - capacitieve & inductieve systemen	
Artistiek gebruik: Theremin	p.81
1.2.2.2.2.2.: - elektromagnetische radar systemen	p.83
1.2.2.2.2.2.1.: - klassieke puls-radar	
1.2.2.2.2.2.2.: - doppler-radar	p.86
Artistiek gebruik: Jerry Hunt	p.88
1.2.2.2.3.: Akoestische systemen (Sonar)	p.89
1.2.2.2.3.1.: - ultrasone afstandsmeters	
Polaroid & Ranging Sonar	
1.2.2.2.3.2.: - ultrasone doppler systemen	
1.2.2.2.3.3.: Artistieke implementaties	
1.2.2.2.3.3.1.: niet helemaal kontaktloos	p.90
Nintendo Power Glove, Mark Trayle	
STEIM, Waisvisz, Joel Ryan	p.92
1.2.2.2.3.3.2.: kontaktloos	p.96
1.2.2.2.3.3.2.1.: Exploratorium San Francisco	p.96
1.2.2.2.3.3.2.2.: Wolf-Dieter Trüstedt	p.96
1.2.2.2.3.3.2.3.: Rolf Gehlhaar	p.97
1.2.2.2.4.: Audio-akoestische systemen	p.98
Gordon Mumma, Paul Earls	
1.2.3. <u>Kritische evaluatie van deze technologieën</u>	p.99

**Boekdeel 2****HOOFDSTUK 2:****Ultrasoontechnologie**

2.1.- 'Holosound 1': historiek en verslag van 16 jaar technisch & artistiek onderzoek	
2.1.1.- Voorgeschiedenis	2- p.1
2.1.2.- Konceptie van een eerste prototype	p.4
2.2.- Analyse en bespreking van de werking	p.7
2.3.- Technische realisatie gedetailleerde beschrijving van de schakelingen met metingen en optimalisatieprocedures	p.17
2.3.1 <u>De zenders</u>	
2.3.1.0 - Technische eisen	p.17
2.3.1.1 - Piezo-transducers Zenderschakelingen	p.18
2.3.1.2 - Capacitieve transducers	p.27
2.3.1.3 - Ionen- en plasma stralers Ionen schakeling	p.29
2.3.1.4 - Inductieve transducers	p.32
2.3.2 <u>De ontvangers</u>	
2.3.2.0 - Technische eisen	p.33
2.3.2.1 - Piezo-transducers	p.33
2.3.2.2 - Electret-transducers	p.34
2.3.2.3 - Condensatormikrofoons	p.34
2.3.2.4 - Meetmikrofoons en niet geteste types	p.35
2.3.2.5 - Inductieve mikrofoons	p.35
2.3.2.6 - De ontvangerschakelingen	p.36
2.3.2.6.1 - Amplitude-demodulatie	p.36
2.3.2.6.2 - Phase Locked Loop	p.37
2.3.2.6.3 - Frekwentie-demodulatie	p.39
2.3.2.6.4 - Hoogfrequentie voorversterker	p.42
2.3.3 <u>De analoge komputer</u>	
2.3.3.1 - Multipliers	p.45
2.3.3.2 - 'Real-time' analoge rekeneenheid	p.47
2.3.3.3 - De analoge komputer	p.49
2.3.3.3.1 - Ingangstrap	p.52
2.3.3.3.2 - Analoge vermenigvuldiging	p.54
2.3.3.3.3 - Analooq verschil van kwadraten	p.55
2.3.3.3.4 - Analooq kwadraat	p.56
2.3.3.3.5 - Afsluitblok	p.57
2.3.3.3.5.1.- limiter-kompressor	p.57
2.3.3.3.5.2.- laagdoorlaatfilter	p.58
2.3.3.3.5.3.- lijnversterker	p.58
2.3.3.3.6 - Voeding	p.59
2.3.3.3.7 - Patching	p.61

2.3.4 <u>Evaluatie</u>	
2.3.4.1.- Simulatie	p.63
2.3.4.1.1 - Legende	p.67
Muzikale representatie der simulaties	p.69
2.3.4.1.2 - Grafische simulaties van bewegingsmodellen	p.70
2.3.4.1.2.1 - Type 1: Vlottende beweging	p.71
ARAA1, ARAA2-kurve	p.74
ARAAB-kurve	p.81
ARAA0-kurve	p.83
BRAA-kurve	p.85
ARAA <sup>^</sup> -kurve	p.87
ARAAD-kurve	p.93
ARAAS-kurve	p.94
2.3.4.1.2.2 - Type 2: Expanderende beweging	p.95
2.3.4.1.2.2.1.- Sub-type 1: Teatrale botsing	p.95
Projektie	p.97
$\beta$ -kurve amplitude & $\beta$ -kurve snelheid	p.98
ARII-kurve	p.100
ARII0-kurve	p.105
Notentranskriptie	
ARIIf-kurve	p.107
2.3.4.1.2.2.2.- Sub-type 2: Explosie of botsing	p.109
Projektie	p.110
ARCF-kurve	p.110
ARCF0-kurve	p.111
AFCFf-kurve	p.113
HRCF-kurve	p.115
Notentranskriptie	p.117
2.3.4.1.2.3 - Type 3: Kontraherende beweging	
2.3.4.1.2.3.1.- Sub-type 1: Imploderende beweging	p.121
Projektie	p.122
ARGG-kurve	p.123
HRGGf-kurve	p.125
2.3.4.1.2.3.2 - Sub-type 2: Evaderend	p.127
Projektie	
ARFG-kurve	p.128
ARFGf-kurve	p.130
ARFG0-kurve	p.131
2.3.4.1.2.4 - Type 4: Gesloten beweging	p.133
2.3.4.1.2.4.1.- Sub-type 1: Metrische impuls	
Projektie, $\beta$ -kurve	p.134
ARIA-kurve	p.136
ARIAf-kurve	p.138
2.3.4.1.2.4.2.- Sub-type 2: Perkussieve impuls	p.140
Projektie, $\beta$ -kurve	p.141
ARII-kurve	p.143
ARIIf-kurve	p.144
Notentranskriptie	p.145
2.3.4.2: Metingen	p.150
- dynamiek en signaal/ruisverhouding	
- resolutie	
2.4.- Artistieke presentatie als muziektheater	p.152
2.5.- Midi-implementatie:	p.154
bespreking en kritiek van een brok hardware	

**BOEKDEEL 3****HOOFDSTUK 3****Een digitale implementatie: "A Book of moves"**

3.1.- Algemeen opzet	3- p.1
3.1.1. - Hardware versus software	
3.1.2 - De signaalverwerking	p.2
3.1.3. - Data extractie & data acquisition	p.4
3.1.3.1. - De digitale weg	p.4
3.1.3.2. - Analoge komputer voor data-extractie	p.8
3.2.3.2.1. - bewegingshoeveelheidsinformatie	p.8
3.2.3.2.2. - bewegingssnelheidsinformatie	p.12
3.1.4. - Gegevensverwerking: multitasking dedicated computer	p.14
3.1.5. - Midi-interface	p.17
3.1.6. - Evaluatie en blokschema van het gehele instrument	p.18
3.2.- Software bespreking	
3.2.1.1.- mapping	p.21
3.2.1.2.- multitasking Basic (MT-Basic)	p.21
3.2.2.- Kode:	
3.2.2.1.- deklaratie van de variabelen	p.23
3.2.2.2.- initialisatie	p.25
3.2.2.3.- definitie van de midi-functie	p.26
3.2.2.4.- initialisatie midi & LCD-scherm	p.27
3.2.2.5.- definitie van de synthesizerfuncties	p.28
3.2.2.6.- kommando voor tijd en ritme	p.29
3.2.2.7.- test van de opstelling	p.29
3.2.2.8.- Hoofdmenu-keuze: makrokompositie	p.30
3.2.2.9.- De modules van 'A Book of Moves'	p.33
3.2.2.9.1. - Open	p.33
3.2.2.9.2. - Topoi	p.36
3.2.2.9.3. - Minor	p.41
3.2.2.9.4. - Beat	p.43
3.2.2.9.5. - Rising	p.45
3.2.2.9.6. - Sforte	p.48
3.2.2.9.7. - Lead	p.49
3.2.2.9.8. - Canvas	p.51
3.2.2.9.9. - Close	p.53
3.2.2.9.10.- Prime-Time	p.55
3.2.2.9.11.- Call	p.56
3.2.2.9.12.- Spooky	p.58
3.2.2.9.13.- Rec-Play	p.59
3.2.2.9.14.- Lock-Unlock	p.61
3.2.2.9.15.- Hammers	p.63
3.2.2.10.- De taken	p.64
3.2.2.10.1 - Taak 1	p.64
3.2.2.10.2 - Taak 2	p.65
3.2.2.10.3 - Taak 3	p.66
3.2.2.10.4 - Taak 4	p.67
3.2.2.10.5 - Taken 5-11	p.68
3.2.2.10.6 - Taken 12-17	p.69
3.2.2.10.7 - Taak 18	p.70
3.2.2.11.- Opzoekingstabellen en data	p.71
3.2.2.12.- Subroutines	p.71
3.2.3.: Memory Map	p.72
3.3.- Artistieke bespreking van "A Book of Moves"	p.73
	-p.78

**HOOFDSTUK 4 :****Perspektieven en verdere onderzoeksmogelijkheden:**

4.1.- Experimenteel onderzoek: een verdere wegverkenning	4 - p.1
4.1.1.: - Digitale signaalverwerking	p.1
4.1.2.: - Verhoging van de draaggolffrequentie	p.2
4.1.3.: - Mikrogolfsysteem	p.3
4.1.4.: - Parallel-computing & Neurale netwerken	p.4
4.1.5.: - Analoge signaalverwerkingsmogelijkheden	p.5
4.2.- Het muzikale naakt	p.8
4.2.1.: figuurlijk	p.8
4.2.2.: letterlijk	p.9
4.3.- De automatizering van de muziek	p.11
4.3.1.- interpretatie zonder techniek	p.12
4.3.1.1.- Kodering	p.14
4.3.1.2.- Verklanking	p.16
4.3.1.2.1.: - elektronische instrumenten	p.16
4.3.1.2.2.: - orgel	p.18
4.3.1.2.3.: - klavichord en klavecimbel	p.19
4.3.1.2.4.: - piano	p.19
4.3.1.2.5.: - slaginstrumenten	p.22
4.3.1.2.6.: - blaasinstrumenten	p.23
4.3.1.2.7.: - strijkinstrumenten	p.24
4.3.1.2.8.: - tokkelinstrumenten	p.24
4.3.1.2.9.: - nieuwe akoestische instrumenten	p.24
4.3.2.- De uitvoerder als interpreet	p.26
4.3.3.- Improvisatie versus kompositie	p.28
4.4.- Een toekomst voor de organologie?	p.30

**BOEKDEEL 4 :****Appendices**

5.1: Bijlagen bij hoofdstuk 1	5- p.1
5.1.1.: Nota m.b.t. de methode	
5.1.3.: 'Orgelmars' - partituur	p.3
5.1.4.: Wolf Dieter Trüstedt: bewegingshogrammen.	p.8
5.2: Bijlagen bij hoofdstuk 2	p.11
5.2.1.: - 'Talking Flames'	
5.2.2.: - Het simulatieprogramma 'Holosimi'	p.19
5.2.3.: - Simulaties, kurves & modellen	p.80
5.3: Bijlagen bij hoofdstuk 3	
5.3.1.: - laatste listing MT44	p.146
5.3.2.: - nota met betrekking tot de compilatie van programmas	p.153
5.3.3.: - historiek van het programma voor 'A Book of Moves'	p.155
5.3.4.: - Hulpprogramma MTUTIL	p.158
5.4: Bijlagen bij hoofdstuk 4	
5.4.1.- eigen automatizeringsprojecten	
5.4.1.1.- Hex	p.161
5.4.1.2.- Autosax	p.166

5.5.1: Lijst der gebruikte afkortingen	p.169
5.5.2: Lijst van 'onvertaalbare' Engelse technische termen	p.170
5.5.3: Nota m.b.t. de gehanteerde spelling	p.172

## Bibliografie

6.1- Organologische & muzikaal-technische referenties	6-p.1
6.2- Produktgerichte technologische referenties	p.22

## Software

MS-DOS diskette in bijlage toegevoegd.

7.1- HOLOSIMI.EXE

7.2- MT44.BIN

7.3- MTUTILS.EXE

## Demonstratie

Dit gedeelte kan uiteraard niet op papier bestaan, maar kan door de auteur worden uitgevoerd. Het kan een wezenlijk bestanddeel uitmaken van de verdediging, aangezien de praktische realisatie wordt gezien als deel uitmakend van de studie.



# Inleiding

Deze studie wil in eerste plaats een volledig rapport geven van de resultaten van meer dan vijftien jaar praktisch gericht en experimenteel onderzoek naar de mogelijkheid van de bouw van een nieuw en volwaardig *non-impakt* muziekinstrument. Hiermee is bedoeld, een muziekinstrument dat vanuit lichaamsbeweging (motoriek) rechtstreeks een expressief relevante controle mogelijk maakt van de geproduceerde klanken en hun samenhang. In zekere zin zou men het dus een studie in muzikale werktuigkunde kunnen noemen. Eigentijdse experimentele organologie dus.

Door de aard van het onderzoek, is deze studie relatief technisch van aard. Meer bepaald, elektronische en digitale technologie, zijn onmisbare ingrediënten in dit onderzoek. Anderzijds echter, kan dergelijk onderzoek niet worden losgemaakt van de artistieke en muzikale kontekst die er dan toch het doel van is. Een instrument, als muzikaal werktuig, beoogt uiteraard een artistiek resultaat mogelijk te maken. Om die reden worden beide aspecten dan ook nauw aan elkaar gekoppeld. Men kan zelfs stellen dat het uiteindelijk de kwaliteit van het artistiek resultaat is, die de bruikbaarheid van het muziekinstrument bepaalt. Daarom hoort de artistieke implementatie van het technisch onderzoeksresultaat wezenlijk tot deze studie. Daarom ook, is deze studie geen louter technologische. Het voorgestelde instrument kan niet los functioneren van de kompositorische algoritmes waarbinnen het kan worden ingezet en zonder dewelke het niet eens kan functioneren.

Het was de bedoeling zowel de gerealiseerde mogelijkheden te analyseren en te evalueren als de potentiële grenzen ervan af te tasten.

Het hier voorgestelde onderzoek komt uiteraard niet zomaar uit de lucht gevallen. Over het onderwerp had ik reeds verschillende beknopte artikels en papers, die telkens een bepaald stadium in mijn experimenteel werk naar voor brengen, gepubliceerd en gepresenteerd. Ook heb ik, sedert 1978 ontelbare lezingen gehouden over dit onderwerp voor zowel academische als muzikale publieken over zowat de gehele wereld.

Gezien mijn dubbele vooropleiding, als muzikoloog en filosoof, ligt het nogal voor de hand dat een zekere aandacht gaat naar de meer filosofische implicaties van de voorgestelde en van alle gelijksoortige technologie voor de muziekkultuur.

Menig facet van de behandelde problematiek is noodzakelijkerwijze technisch van aard. Zowel elektronische hardware als software komen tepas in ons betoog. We hebben gepoogd deze aspecten op zo'n manier te behandelen dat ze toch begrijpelijk zijn voor niet bijzonder technisch geschoolde lezers. Daaraan is natuurlijk het nadeel verbonden, dat een en ander voor technisch goed onderlegde lezers wellicht wat redundant zou kunnen overkomen. Men vergete hierbij echter niet, dat het in de lijn van onze bedoelingen lag, de experimenteel ingestelde muzikmaker tevens een werktuig aan de hand te doen. Daartoe is het onontbeerlijk dat hem ook het noodzakelijke inzicht verschaft wordt om dit werktuig ook goed te begrijpen.

Niettemin geldt de eindigheid en begrensdheid van al het zijnde ook dit onderzoek:

- er kon om materiele redenen geen gebruik gemaakt worden van technologieën die buiten de mogelijkheden van een individuele onderzoeker

vallen. Het laboratorium waarover ik beschik is niet meer dan een normale werkplaats waarover elke professionele elektronische ontwerper beschikt: digitale en analoge meetapparatuur, oscilloscopen, diverse personal computers, oscillators, componenten, montagemiddelen. Daarnaast ook een beperkte studio voor elektronische muziek voorzien van nogal wat digitale syntesizers, opname en weergaveapparatuur evenals een atelier voor akoestische experimentele instrumentenbouw. Wat dit betreft dient het onderzoek gezien te worden als ambachtelijk en kleinschalig.

- door de aard van het onderzoek is elk resultaat niet meer dan een stadium in een technologisch ontwikkelingsproces: het is en blijft voorlopig en ambieert dus niet een 'definitieve' oplossing voor welk probleem dan ook te brengen. Wanneer uitgaande van de meegedeelde resultaten andere onderzoekers en bouwers in het aangereikte materiaal een vertrekbasis kunnen vinden voor verder onderzoek en verder uitgewerkte realisaties, dan zullen we zeker in het opzet zijn geslaagd.

- gezien het vrij technische karakter van deze studie en teneinde de leesbaarheid en verstaanbaarheid voor niet elektronisch- en software-technisch onderlegde lezers open te houden, houden we ons in deze studie aan het gebruik van de makkelijk leesbare programmeertaal 'Basic' en beperken we de weergave van de ontwerptechnische berekeningen tot datgene wat voor een goed inzicht in de werking en de originaliteit van de voorgestelde hardware en software noodzakelijk is.

- de studie is in eerste plaats een mededeling van praktische onderzoeksresultaten met een intrinsieke artistieke component. Het is dus niet een compilatie noch een volledige bronnenstudie over het onderwerp, hoewel er uiteraard aandacht wordt besteed aan enige historische en synchrone situering. Alleen bronnen die van belang zijn voor het onderzoek zelf, worden gebruikt. Ook worden onderzoeken die op een of andere wijze gelijklopend zijn, beknopt besproken. Daarover bestaan evenwel bijzonder weinig niet-vulgariserende publikaties en het merendeel van dit werk is mij bekend door mijn vele buitenlandse reizen waarbij ik zowat over de gehele wereld laboratoria, werkplaatsen en concerten van en met experimentele musici kon bezoeken evenals door de zeer frekwente bezoeken van kollegas aan de instelling die ik hier sedert vele jaren leid, met name Stichting Logos. Wat betreft de gevolgde wetenschappelijke methode, moet gezegd dat deze eerder aansluit bij het positief wetenschappelijk en experimenteel onderzoek uit de toegepaste wetenschappen dan wel bij die van de historisch/wetenschappelijke muzikologie. Aan de achterliggende methode hebben we -in de appendix- een beknopte kommentaar gewijd.

Tot slot dank ik hier graag de velen die mij in dit onderzoek op entoeziaste wijze hebben gesteund en bekritiseerd wanneer ik soms wat al te overmoedig bleek. Speciale vermelding hierbij verdient in eerste plaats mijn partner en hoofdrolspeler in de meeste van mijn artistieke projekten, Moniek Darge. Verder mijn internationale kollegas in 'art and technology' met wie ik soms nachten lange technische gesprekken mocht voeren: Larry Wendt, Alec Bernstein, Wolf Dieter Trüstedt, Darius en Manfred Clynes, Alvin Lucier, Warren Burt... en ik vergeet er beslist nog heel wat. Ook de 'Massachusetts Council for the Arts' die mij in 1985 fondsen ter beschikking stelde waarmee de Holosound-apparatuur geprofessionaliseerd kon worden verdient hier een woord van dank. Last but not least, een woord voor mijn medewerkers bij Stichting Logos en mijn studenten en assistenten op het Koninklijk Conservatorium te Gent.

Godfried-Willem RAES

# HOOFDSTUK 1: Een Status Quaestionis

## 1.1.: Het Muziekinstrument

### 1.1.1.: Het Muzikale werktuig - een primaire analyse

#### 1.1.1.1: Definitie:

Een muziekinstrument is een instrument waarmee muziek kan gemaakt worden. Hoe uitermate triviaal dit ook moge lijken, toch is dit -zoals zo weinig in onze werkelijkheid- ook weer niet geheel onproblematisch.

Laten we daarom kort even beide samenstellende delen onderzoeken:

#### 1.1.1.1.1: Instrument:

Het woord instrument is afgeleid van het Latijn. In deze taal werd vanuit het werkwoord *instruere* het zelfstandig naamwoord *instrumentum* afgeleid.

Cfr. 'Thesaurus Linguae Latinae', vol. VII, pars prior, Teubneri, 1934-1954, col. 2009-2024.

De in het woordenboek vermelde betekenissen van *instrumentum* zijn: gereedschap, uitrusting, hulpmiddel, benodigdheid maar het kon ook figuurlijk worden gebruikt zoals bij Tacitus in '*vetere populi Romani consuetudine, ut haberet instrumenta servitutis et reges*' (ook koningen te gebruiken om volkeren te knechten). Of, eveneens figuurlijk in de betekenis van uitrusting zoals in *instrumentum oratoris et instrumentum artium*, of, als hulpmiddel, zoals in *instrumentum ad adipiscendam sapientiam* en *nullum maius boni imperii instrumentum quam bonos amicos esse*. Voor het werkwoord *instruere* geven de diverse woordenboeken volgende betekenissen op:

- oprichten, aanleggen, bouwen
- ordenen, inrichten voorbereiden, opstellen
- voorzien van, toerusten, uitrusten met
- en ook, uitrusten met kennis, onderwijzen zoals in

*instructus in omnibus artibus.*

cfr. "Oxford Latin Dictionary", 1968, vol. 4., p. 931. evenals, beknopter in de schoolwoordenboeken: Geerebaert, "Latijns Woordenboek", p. 255, en MULLER, Fred & RENKEMA, E.H. "Latijns Woordenboek", Groningen, 1961.

In het Latijn was er kennelijk nog een grote verwevenheid in betekenis tussen enerzijds de materialiteit van het instrument en anderzijds de kennis en kunde van de hantering ervan. Zelfs die kennis of kunde alléén werd als instrument beschouwd. Ten dele hebben we dat ook tot in het hedendaagse taalgebruik overgenomen.

Wat in elk geval uit alle mogelijke betekenissen naar voor komt, is dat het instrument een artefakt moet zijn, een resultaat -materieel of immaterieel- van een menselijke inspanning. Verder, en belangrijker, dat het gaat om een artefakt dat geen einddoel op zich vormt, maar dat ingezet wordt om verdere artefakten te realiseren.

Het instrument en de instructie gaan hand in hand. Elk instrument is gemaakt om op een bepaalde manier te worden gebruikt. De omschrijving van die gebruiks-aanwijzing is de *instructie*.

Het instrument ontdaan van zijn instructie verliest de eigenschap instrument te zijn en wordt weer een gewoon 'ding'. Zo zijn heel wat voorwerpen die door archeologen worden opgegraven gewoon artefaktische 'dingen' zolang niet kan worden aangetoond dat het instrumenten zijn. Hoe eenvoudiger het instrument, hoe moeilijker het is er de instructie uit af te lezen. Uit het objekt 'stok' kan niet worden afgeleid waarvoor hij diende en of hij überhaupt ergens voor diende. Een stok kan een slagwerktuig, een wapen, een boor, een hefboom, een muziekinstrument, maar eveneens een meetinstrument voor lengtemetingen zijn. Dit blijkt echter niet uit de stok op zich.

Wanneer het instrument anderzijds een zeer hoge kompleksiteit vertoont, (zoals in het geval van vele machines uit de moderne elektronische werktuigkunde) krijgen we merkwaardig genoeg te maken met precies dezelfde moeilijkheid. De functie wordt even onduidelijk. Van een kapotte elektronische schakeling is de juiste oorspronkelijke functie praktisch onmogelijk nog te achterhalen.

Alleen bij instrumenten met een middelmatige kompleksiteit blijkt de instructie relatief duidelijk uit de vorm van het instrument. Het artefaktische ding blijft bijna steeds langer bewaard dan de instructie. De handleiding raakt makkelijker zoek dan het bijhorende toestel, een waarheid die ieder uit eigen ervaring wel zal kunnen beamen. Soms, en vooral wanneer het erg oude voorwerpen betreft, worden dergelijke 'dingen-zonder-instructie' zonder enige cynische intentie '*kunstvoorwerpen*' genoemd...

Wanneer we het instrument voor iets anders gebruiken, en er dus een andere instructie aan gaan vastknopen, vervreemden we het instrument van zijn oorspronkelijke doelmatigheid. Heel vaak leidt dit tot destructie van het instrument, omdat dit laatste niet voor dit nieuwe gestelde doel geoptimaliseerd blijkt te zijn.

*Voorbeelden zijn er te over in de 'officiële' hedendaagse muziek: het bekloppen van strijkinstrumenten zoals de viool, het prepareren van piano's...*

Wanneer we het instrument niet langer ergens voor gebruiken, wordt het hooguit tot decoratie of reliek. Het instrument kan tot reliek worden omdat de mens een bijzondere en vaak emotioneel en affektief geladen binding heeft met het instrument. De mens is gehecht aan zijn instrumenten. Immers, het instrument is een verlengstuk van het eigen lichaam en als dusdanig is het er ook een beetje mee vergroeid.

Bovendien schept de arbeidende mens een vertrouwens-relatie met zijn instrumenten. Het instrument is de trouwe helper. Hij doet er beroep op, hij rekent erop. Wanneer het de vertrouwensrelatie onherstelbaar breekt, wat zich voordoet wanneer het instrument stukgaat en het dit vertrouwen niet meer waard blijkt, wordt het meestal afgedankt en vervangen. Wanneer het echter dit vertrouwen nooit beschaamde maar vervangen wordt door een ander, funktioneler instrument, zal het zelden worden

weggegooid. Men zal geneigd zijn het te bewaren, het zorgvuldig op te bergen. Dan pas maakt het kans reliek te worden.

In het Nederlands kreeg het woord instrument een enigszins meer specifieke betekenis: in de eerste plaats die van 'een min of meer samengesteld of fijn gereedschap voor enig handwerk of bedrijf', in de tweede plaats, 'meestal vrij samengesteld toestel ten dienste van de techniek of voor het wetenschappelijk onderzoek'. Pas in de derde betekenis wordt het door Van Dale vermeld als muziekinstrument.

Cfr. Van Dale, "Groot Woordenboek der Nederlandse Taal", Utrecht 1984., vol 1, p.1206.

Het woordenboek geeft hier inderdaad een nuance aan die nauw aansluit bij het gewone taalgebruik van vandaag, waarin een onderscheid gemaakt wordt tussen het instrument enerzijds en het werktuig, of nog meer uitgesproken het alaam, anderzijds.

Het instrument wordt als meer gesofistikeerd beschouwd dan het werktuig. Maar, deze gesofistikeerdheid hangt klaarblijkelijk niet zozeer af van die van het ding zelf, maar eerder van die van de instructie. Deze laatste nu omvat, opnieuw volgens het eerder geciteerde woordenboek, de onderrichting in enige vaardigheid. Zij heeft dus betrekking op een kunde, op een doen, een handelen en heeft dan ook een min of meer imperatief karakter. Naarmate die imperatief van de instructie meer tot een menselijk automatisme is geworden en is geïnterioriseerd, wordt het instrument ook meer een werk-tuig. Naarmate de instructie ons minder vertrouwd is, gaan we eerder termen als toestel, apparaat, machine, automaat gebruiken om de instrumenten te beschrijven. Zij drukken een grotere afstandelijkheid uit, uit hoofde van de gebruiker.

#### 1.1.1.1.2: Muziek:

Muziek sluit in haar alledaagse en maatschappelijke betekenis een waardeoordeel in. In zuiver wetenschappelijke zin houden we ons aan de combinatie van twee definities, waarin voorwaarden uitgedrukt worden die beide vervuld dienen te zijn vooraleer van muziek gesproken kan worden:

##### -1. Objektiv:

vanuit de 'materialiteit' gaat het om een protocol van sonore gebeurtenissen in de tijd.

##### -2. Subjektiv:

gaat het om auditief waargenomen vormen zonder semantische of symptomatische betekenis, die als menselijke expressies worden geïdentificeerd.

*Genueanceerder zou zijn 'zonder' in bovenstaande definitie te vervangen door 'met sekondaire', maar aangezien we de hele definitorische discussie buiten onze studie wilden houden, hebben we alleen de strengste en ook meest verhelderende formulering behouden. Deze tweeledige definitie gaat terug op wat Jan L. Broeckx ons leerde tijdens onze studies in de muzikologie. (1969-1973) We hielden uit Broeckx' definitie echter slechts die elementen over die minimaal noodzakelijk zijn om het beperkend referentiekader te leveren dat voldoende is voor deze studie. In onze tweeledige definitie wordt dus meer uitgesloten dan bij Jan L. Broeckx het geval was.*

Wanneer immers de auditief waargenomen vormen semantische betekenis hebben, dan horen we een taal. We horen symbolen. We her-kennen de akoestische vormen. Wanneer anderzijds de auditief waargenomen vormen als symptomen worden geduid (snurken, kreten van angst of pijn, ademen, voetstappen) dan verwijzen zij naar hun oorsprong, naar toestanden van objekten in de wereld rondom ons. Het zijn auditieve waarnemingen die hooguit een signaal-functie verkrijgen.

Daarom is ook niet elk werktuig dat geluid produceert, zelfs niet wanneer het expliciet voor geluidsproduktie is ontworpen, ook een muziekinstrument. Meer nog, niet eens is elk werktuig dat voor muziekproduktie gebruikt wordt een muziekinstrument. Denken we maar, om een typisch voorbeeld te geven, aan het dirigeerstokje of aan de metronoom en het stemapparaat of de stemvork.

#### 1.1.1.1.2.1- On-muzikale geluids-werktuigen

On-muzikale geluids-werktuigen zijn ons allen erg bekend in de vorm van elektrische of mechanische klokken en bellen, zoemers, ding-dongs, telefoonbellen, alarmbellen, deurbellen, klaksons, toeters, wekkers, sirenes, bip-bips, metronooms, kleppers, testsignalen, politiefluitjes, zweepen, en wat al dies meer... Dit zijn typische voorbeelden van geluidsproducerende werktuigen die nochtans geen muziekinstrumenten zijn.

Akoestische signaalgevers, zoals we ze verder zullen noemen, worden normaal aangewend om mensen in verband met een al dan niet fysische grens, in beweging te brengen. Dit laat zich het duidelijkst illustreren aan de hand van de deurbel: de straat enerzijds is domein van de openbaarheid - met daaraan verbonden konnotaties van gevaar, kwetsbaarheid, zichtbaarheid, beweging, agressie - het huis anderzijds, tempel van privacy - daaraan verbonden: bescherming, geborgenheid, eigendom, onzichtbaarheid, geslotenheid, rust, veiligheid, liefde -.

Deze twee (sociaal-kultureel bepaalde) antipoden zijn op één enkele plaats met elkaar verbonden: bij middel van een normaal steeds gesloten en stevige deur. Deze deur kan van binnenuit door ieder die zich binnen bevindt worden geopend, maar omgekeerd, kan dit slechts geschieden door zij die daartoe van binnenuit machtiging (in de vorm van de sleutel) hebben gekregen. De buitenstaander beschikt over geen enkele sociaal aanvaarde mogelijkheid binnen te treden, tenzij met de uitdrukkelijke toestemming van de binnenstaander. Het contact met de vreemde, vijandelijke buitenwereld bestaat langs de deur, en dit contact dient te worden aangevraagd bij middel van een akoestisch signaal, namelijk de deurbel. Wie er ook buitenstaat en aanbelt - toelating vraagt -, steeds klinkt dan eenzelfde bel, eenzelfde signaal.

Het signaal zegt niets over de buitenstaander dan dat hij buitenstaander is en werkelijk niets meer. Het signaal is onpersoonlijk, opgevat om a priori elke buitenstaander het etiket 'gevaar' op te kleven, om het vreemd zijn te benadrukken, om een afstand te scheppen.

Daarnaast is de bel tevens een middel om mensen in beweging te brengen, van de ene situatie in een andere te doen overgaan. Om bij ons voorbeeld te blijven, als de bel gaat kan je al dan niet de deur gaan openen, aan het raam kijken wie de vreemde is,

hoho roepen, als je net met een karwei bezig bent die je niet zomaar kan achterlaten, een instructie geven aan een huisgenoot en dergelijke meer. In ieder geval plaatst het horen van het belsignaal je voor een keuzesituatie, voor een gedragsalternatief waarin je een beslissing dient te nemen.

Dit aspekt van het akoestisch signaal is overigens nog duidelijker wanneer we denken aan een brandbel, alarmbel of aan een sirene. Deze signalen zijn geen vrijblijvende mededelingen, integendeel, zij verplichten tot een bepaald gedrag, dat evenwel naargelang de afspraak die bij het signaal hoort (een derde aspekt) verschillend zal zijn. Leden van een brandweerkorps zullen bij het horen van de brandbel hals over kop in of op hun voertuig duikelen en zich naar de plaats van het onheil begeven. Anderen zullen eerst kijken of de brand niet hen persoonlijk dreigt te treffen, vervolgens, al dan niet des mensen spektakelzucht volgen en gaan kijken ter plaatse. De bel van de overweg verplicht de weggebruiker tot bijzondere aandacht en tot stoppen. De bel van de kassa doet mij naar mijn franken grijpen. De wekker schudt mij wakker. De ambulance-sirene veegt iedereen van het wegdek weg.

Ook het aspekt afspraak is belangrijk. Alleen de bel en andere signalen die ons bekend zijn (hetzij doordat hun betekenis ons op een of andere wijze werd geleerd, hetzij doordat we hun betekenis zelf hebben bepaald) plaatsen ons voor een gedragsalternatief. Het akoestisch signaal dat ons echter niet bekend is, wanneer we er mee worden gekonfronteerd levert een probleem op: ofwel interpreteren we het als synoniem van een ander bekend signaal en reageren we overeenkomstig (dit is bijvoorbeeld het geval geweest toen de Brusselse politie van de klassieke loeiende tweetoonsklaksons is overgestapt op de Amerikaanse elektronische sirene, zonder daarvan op voorhand het publiek op de hoogte te brengen); ofwel negeren we het signaal en gaan we ervan uit dat het wel voor een ander bedoeld zal zijn geweest; ofwel geeft het signaal wel degelijk aanleiding tot een betrokkenheid, maar weten we wel dat van ons iets verwacht wordt, zonder evenwel te weten wat, m.a.w. we ontwikkelen gevoelens die variëren van twijfel tot paniek.

*Vooraf dit laatste geval is erg boeiend, en is een van de gegevens waarvan we zijn uitgegaan bij het opzetten van ons 'Bellenorgel', een on-muzikale automaat uit 1977. Enkele van de signalen die erdoor worden voortgebracht zullen voor wellicht iedereen een bepaalde herkenning, een bepaalde betekenis oproepen, zodat het gehele projekt niet als volkomen vreemd kan overkomen. Door de verschillende kontekst echter zal het bekend signaal echter geen aanleiding geven tot het normale gedrag, maar de welhaast onderbewuste aanzet daartoe, een impuls, zal worden onderdrukt. Daarom ook wordt deze speelmachine na korte of langere tijd onuitstaanbaar. Onbekende signalen die erdoor worden voortgebracht zullen in het ene geval als geluid zonder duidelijke signaalfunctie worden opgenomen, andere zullen je doen schrikken, nog andere zullen een herinnering oproepen ...*

Een vierde aspekt heeft te maken met het nagenoeg steeds min of meer overwachte van het akoestisch signaal. Het akoestisch signaal is plots, abrupt en niet zelden schrikken we ervan op, ook als het signaal ons bekend is. Principieel kunnen we op elk denkbaar ogenblik door zo'n signaal worden getroffen. Een bel die op een ons onbekend ogenblik kan rinkelen, wekt een zekere angst. Hoe onverwachter een akoestisch signaal komt, hoe

angstaanjagender het eigenlijk is. Denken we maar eens wat er in ons hoofd zou omgaan, wanneer de telefoon zou rinkelen wanneer we reeds lang te bed zijn, in het holst van de nacht.

De geluiden die we signalen noemen, zijn in verruimde zin semantisch te noemen, wanneer we het begrip semantiek verruimen van de gewone teken-betekende relatie, naar een betekende dat een imperatief, een bevel, een instructie mee omvat. De semantiek in deze zin verwijst dan niet alleen naar objecten in de wereld, maar ook naar instructies met betrekking tot die wereld. Omwille van de aanwezigheid van deze semantiek in verruimde zin, zijn signalen principieel on-muzikale geluiden en zijn de werktuigen die voor hun opwekking worden gebruikt principieel geen muziekinstrumenten.

#### 1.1.1.1.2.2.- Muziek-instrumenten

Klaarblijkelijk is het vereist dat de geluiden die we strikt voor muziek in abstracte zin willen gebruiken, vrij zijn van semantische verwijzingen én vrij zijn van signaalfuncties. Werktuigen die voor de produktie van dergelijke geluiden door de mens worden gebouwd en gebruikt, noemen we muziekinstrumenten in strenge zin.

Dit standpunt hangt uiteraard nauw samen met ons algemeen standpunt inzake het wezen van de muziek, waarbij deze laatste wordt gezien als de verzameling van alle akoestische uitingen van de mens die niet verwijzen naar objecten of toestanden in de wereld buiten hem, maar hooguit naar interne mentale toestanden (abstracte denkbeelden en vormen en/of emoties).

Cfr. LANGER, Susanne K. "Philosophy in a new Key", 1960 (1948)

Muziek is zo beschouwd het gebied van de non-verbale sonore expressie van de mens. Muziekinstrumenten zijn dan uiteraard, de tuigen die hij in functie van zijn non-verbale expressieve behoeften koncipieert, maakt en gebruikt.

Nu kan de mens zich principieel op twee verschillende wijzen muzikaal uitdrukken:

1.-Hij kan een bestaande muzikale vorm (een hem bekend muziekstuk, of een dat hij kan kennen door het te lezen en te spelen) gebruik makend van de instructie bij het instrument, verklanken.

2.-Hij kan zelf nieuwe muzikale vormen produceren gebruik makend van instrument en instructie (komponeren of improviseren).

*Parentezis: Volgens vele muziekliefhebbers en ook muzikologen bestaat er terzake ook nog een derde mogelijkheid tot muzikale expressie: de beluistering van muziek. We geloven nochtans zelf niet in de geldigheid daarvan als een derde autonome mogelijkheid. Hoewel de verdediging van onze afwijzing ons ver buiten ons onderwerp zou voeren, willen we toch volgende argumenten naar voor brengen:*

*1.- Wie bewust naar muziek luistert poogt aan*



die muziek 'betekenissen' vast te knopen. Hij 'betekent' haar en in die zin is muziekbeluistering dus inderdaad geen passief ondergaan van perceptorische prikkels. Expressie kan het niet genoemd worden, in de eerste plaats, omdat het niet gepaard gaat met een uitwendig voor de medemens waarneembaar gedrag. Het denken op zich noemen we toch ook geen expressie.

2.- In de mate dat een bewuste luisteraar van oordeel is dat zijn muziekbeluistering een expressieve activiteit is, is deze ook tevens als dusdanig volstrekt onkontroleerbaar. De expressie van de luisteraar voltrekt zich alleen in zijn eigen solipsistische wereld. Van zodra hij over die wereld mededelingen doet is hij weliswaar expressief, maar niet op muzikaal vlak. Bovendien verstoort hij daardoor het luisteren zelf, althans wanneer hij dat simultaan en verbaal zou doen.

3.- Op grond van onze eigen ervaring zijn we wel bereid toe te geven dat actieve beluistering iets mimetisch kan hebben: de luisteraar kan het expressief proces dat hij waarneemt als het ware mimetisch meemaken. We menen echter dat dit eigen is aan luisteraars die over een minimale technische bekwaamheid beschikken op grond waarvan ze 'in gedachten' gehoorde muziek zouden kunnen spelen.

In ons begrippenkader doet de luisteraar actief aan 'impressie', hij laat zich beïndrukken en daarbij loochenen we geenszins zijn inbreng noch de waarde daarvan.

Het bestaan van deze beide mogelijkheden (en dat is iets volstrekt specifiek voor de muziek -immers in de beeldende expressie komt het hoegenaamd niet voor dat we zelfs maar zouden overwegen om het Lam Gods van de gebroeders Van Eyck te gaan naschilderen, hoe mooi we dit altaarstuk ook zouden vinden-) verklaart ook heel wat in verband met de ontwikkeling van de muzikale werktuigen. Immers, voor elk van beide gebruiken liggen de aan het instrument te stellen vereisten volkomen verschillend.

Hier zou men kunnen opwerpen dat onze tegenstelling niet opgaat, op grond van de vaststelling dat geen mens ooit iets 'nieuws' naar voor brengt enerzijds, en op grond van het feit dat geen menselijke reproductie van een muziekstuk ooit gespeend kan zijn van eigen en persoonlijke variaties, interpretaties en bijdragen. Anders gesteld, zowel originaliteit als identiteit (extreme redundantie), komen niet voor. De hier nogal polair voorgestelde tegenstelling dient echter opgevat te worden als een continuüm van mogelijkheden, waarbij de uitersten als dusdanig wellicht niet eens (kunnen) voorkomen.

In het eerste geval, wanneer een instrument wordt gebruikt om een bestaand stuk muziek op te spelen, zijn de eisen die te stellen zijn aan het instrument als volgt samen te vatten:

1.- het instrument moet een geluid produceren dat zo goed mogelijk overeenkomt met het geluid dat de auteur naar alle waarschijnlijkheid voor ogen had bij het schrijven van het betreffende stuk. Een orgelstuk zal bij voorkeur op orgel worden gespeeld en niet op celesta bvb. Het voorgeschreven instrument wordt door musici en muzikologen tegenwoordig toch beschouwd als deel van de kompositorische beslissing van de komponist en dus als te respekteren deel van het muzikaal kunstwerk. Dit was overigens in vroegere perioden van onze muziekgeschiedenis beslist niet het geval, want pas vanaf de barok werd het algemeen gebruikelijk de instrumentatie bij de kompositie te specificeren.

2.- het instrument moet binnen zijn normale instructie, de verklanking van alle in notatie uitgedrukte speel-instructies mogelijk maken. Alle voorgeschreven noten moeten gespeeld kunnen worden. Het mechanisme moet de voorgeschreven dynamiek en tempo-aanduidingen mogelijk maken.

3.- het instrument moet ook al die elementen van een verklanking die weliswaar niet expliciet op een partituur staan aangegeven, maar die behoren tot de stijlomschrijving van de partituur, mogelijk maken.

*Tot deze elementen behoren bijvoorbeeld alle componenten van de muzikale vertolking die men meestal in verband brengt met de 'Affektenlehre' uit vooral de 18e eeuw. De retoriek vergt een uitvoerings- en interpretatiewijze die veel specifiek is dan wat uit het notenbeeld blijkt. Vooral de dynamische inflecties en timbrale nuanceringen die van noot tot noot verschillend zijn, resorteren hieronder.*

Cfr. CLYNES, Manfred, "Expressive Microstructure in Music", Sydney, 1983, p.80-82 en VAN DIJK, Peter (Red.) "Musiceren als Brugman", Hilversum, 1985.

4.- het instrument moet in zekere mate aan de speler toelaten, bepaalde handelingen met het instrument te stellen zodanig dat hij tot een interpretatie van het muziekstuk kan komen. Het moet m.a.w., naast het voldoen aan de vorige eisen, toch nog steeds een deel 'vrijheid' openlaten.

Deze eisen zijn van die aard, dat het eigenlijk en op het eerste gezicht zo goed als onmogelijk is een nieuw speeltuig te ontwikkelen dat aan deze eisen zou voldoen. Alleszins blijkt het voor de hand te liggen, de oorspronkelijke instrumenten met hun oorspronkelijke instructie te gebruiken wanneer het gaat om de verklanking van reeds bestaande muziek.

Het enige probleem dat daarmee onlosmakelijk verbonden is, heeft alles te maken met de bij het instrument horende instructie: om ons deze eigen te maken moeten we een vaak lang proces van oefenen doorlopen...

Zowat alles in onze tijd is er echter klaarblijkelijk op gericht, tijdwinst te boeken, en uitgerekend hier zou dit niet mogelijk blijken te zijn! Dit komt de hedendaagse en technologisch gerichte mens als onaanvaardbaar voor. Ter illustratie daarvan mogen de talloze pogingen gelden van de

diverse overheden en politici om de formele studieduur in uitgesproken ambachtelijke studiegebieden zoals de instrumentale muziekbeoefening, te beperken en in overeenstemming te brengen met die welke gangbaar is voor meer louter diskursieve studies. Op de tijd nodig om een instrument te leren spelen was vroeger geen in absolute tijd uitgedrukte beperking geplaatst: men ging 'in de leer' tot de instruktør van oordeel was dat de instruendum de instruktie beheerste. De idee 'piano spelen in tien lessen' goldt als een obscene gedachte, terwijl zij vandaag het al dan niet heimelijk verlangen uitdrukt van menig muzikus in spe.

In het tweede geval, waarbij de speler het instrument wil gebruiken als expressief werktuig zonder dat hij daarbij een bepaald te realizeren en reeds bestaand klankbeeld voor ogen heeft, zijn de eisen die aan het instrument zouden moeten worden gesteld samen te vatten als volgt:

1.- Het instrument zal hem moeten toelaten vanuit zijn motoriek zoveel mogelijk aspekten of perceptorisch relevante parameters van de klanken en het kronologisch verband ertussen, op te wekken en te kontroleren.

2.- de rezolutie van het instrument zal van zo'n orde dienen te zijn dat elke vanuit de speler gezien relevante arbeid, ook een hoorbaar gevolg heeft in het akoestisch resultaat. Anders gesteld, de akoestische rezolutie dient minstens de motorische rezolutie te evenaren.

3.- de hiërarchie of de onderlinge structurering der muzikale parameters, moet in funktie van zijn klankvoorstelling gewijzigd kunnen worden.

Naar mogelijkheden om een dergelijk 'ideaal' instrument te ontwikkelen, ben ik nu reeds sedert 1969 op zoek. Aanvankelijk was dat zoeken wellicht wat ongedefinieerd, richtingloos en onsystematisch, grotendeels gedreven door frustratie met het verwerven van de als normaal beschouwde instruktie van een aantal klassieke muzikale speeltuigen. Sedert 1976 echter, is het een systematische en ook meer wetenschappelijke richting uitgegaan. Van een deel van dit vrij moeizaam onderzoeksproces en enkele van de steeds voorlopige en bescheiden resultaten die eruit voortkwamen willen we in deze studie dan ook verder verslag uitbrengen.

#### 1.1.1.1.2.3.- Fenomenologie van het muziekinstrument

Het instrument als technisch produkt verkeert volgens de voor bepaalde aspekten van het begrip instrument bijzonder verhelderende fenomenologische analyse van Dick Raaijmakers in een voortdurend afwisselende staat van 'open' en 'gesloten': Gesloten is het nieuwe afgewerkt produkt, open, het produkt in ontwikkeling.

Cfr.: Dick RAAIJMAKERS, 'Anti Qua Musica', (1989) p.8-13., evenals, van dezelfde auteur, "De Methode" , 1985.

Om een instrument te herstellen moet het 'open' gemaakt kunnen worden. Industriële produkten, volgens Raaijmakers althans, zijn per definitie 'gesloten'. Instrumenten echter, in algemene zin, dus inklusief die van tandartsen, chirurgen, loodgieters, automonteurs, elektronici, zouden echter 'open' produkten zijn in optima forma. Ze kunnen immers makkelijk gedemonteerd, ingesteld, aangepast en gemodificeerd worden. Alle onderdelen zijn te onderhouden en te repareren. Pas wanneer het instrument goed ineengezet is en klaar is voor gebruik, wordt het 'gesloten'. In de gesloten toestand wordt het gebruikt.

Dick Raaijmakers wijst erop dat het geweld tegenover het instrument, een typisch gegeven is in de 20e eeuwse kunst. Het met geweld 'openen' van een instrument is een daad van agressie en destructie. Als vandalisme wordt het in regel door de cultuur afgewezen. De meeste agressie op de geslotenheid van het instrument verraadt echter ook een creatieve of toch minstens een inventieve ingesteldheid. De artistieke anti-aktie, wordt tot rituele daad: performance, event, happening. De anti-aktie wordt een vorm van anti-kunst, de anti-daad wordt zelf tot kunstwerk.

Traditionele muziekinstrumenten zijn afgewerkt, en als dusdanig eigenlijk grotendeels gesloten. Opzettelijk vernietigde, in de Raaijmakers terminologie dus met geweld geopende, instrumenten kwamen als 'beeldende kunst' in de musea terecht voor beeldende kunst, (Vic Gents, Man Ray, Armand ...) en niet in die voor muziekinstrumenten, waar alleen gesloten instrumenten een onderkomen vonden.

Belangrijk in Raaijmakers' analyse lijkt ons zijn karakterisering van het instrument en het muziekinstrument in het bijzonder, als open-maakbaar. Immers door deze eigenschap kan het muziekinstrument aangepast worden aan de veranderende individuele of muzikale eisen van zijn gebruik. Het is bijvoorbeeld essentieel voor een piano dat ze gestemd kan worden, en dat dit kan op, binnen zekere grenzen natuurlijk, verschillende wijzen. Dit is overigens de minimaalste technische eis die aan elk muziekinstrument waarbij de toonhoogte een rol speelt in onze cultuur zal worden gesteld: stembaarheid! Voor blaasinstrumenten speelt de mogelijkheid het instrument op het lichaam van de bespeler aan te passen een belangrijke rol: voor hobo's, klarinetten en fagotten moeten rietjes gemaakt worden. Een koperblazer of fluitist kiest zich een persoonlijk aangepast mondstuk.

Wellicht dient deze flexibiliteit, deze aanpasbaarheid, mee opgenomen te worden in onze lijst van vereisten te stellen aan een ideaal muziekinstrument. Tenzij we natuurlijk de noodzaak het te 'openen' zouden kunnen vermijden. Dit lijkt ons, zoals verder uit dit verhaal zal duidelijk worden, echter een bijzonder ijdele hoop, omdat dit de personalisering van het instrument in de weg zou staan. Zelfs wanneer we de ontwikkeling van de elektronische muziekinstrumenten beschouwen, valt het op dat naarmate een bepaalde technologie verder evolueert, ze ook in grotere mate openmaakbaar wordt: de eerste analoge synthesizers lieten veel minder 'patches' toe dan de laatste modellen. De

meest geavanceerde Midi-synthesizers laten meer eigen programmatie toe dan de eerste types waarmee vooral op gebied van klanksynthese nog erg weinig kon gebeuren. Deze programmeerbaarheid is het analogon van wat de letterlijke openmaakbaarheid was bij de akoestische muziekinstrumenten.

*Deze beschouwing laat echter de elektronische muziekinstrumenten die niet voor de 'professionele' markt bedoeld zijn, buiten beschouwing. Immers de niet-professionele markt kent steeds een overvloed aan vereenvoudigde speeltuigen die omwille van de 'gebruikersvriendelijkheid' juist in hoge mate gesloten worden gehouden. Deze nuance wordt trouwens evident wanneer we de échte piano plaatsen naast de speelgoedpiano. Deze laatste kan niet geopend worden, het stemmen of repareren ervan is zo goed als onmogelijk.*

#### 1.1.1.1.2.4.- Geluids-objekten

De term geluidsobjekt dekt, niet alleen in het Nederlands maar ook in het Frans en het Engels een aantal nogal verschillende ladingen. Zo heeft de Franse komponist Pierre Schaeffer de term ('*objet sonore*') gebruikt in het kader van de door hem voorgestelde *musique concrète*, waarbij de term dan sloeg op de in materie vastgelegde klank. Een groef in een plaat, een stukje opnameband, werd voor hem een tastbaar en concreet objekt, dat zich in die vorm leende voor artistieke verwerking in de studio.

*Cfr.: SCHAEFFER, Pierre "Traité des objets musicaux" , Paris, 1966 evenals, van dezelfde auteur, "La Musique Concrète", Paris, 1973.*

Pierre Schaeffer zou heel zeker ook het hedendaagse gebruik van 'samples' of van de optische klankschijven van Jacques Dudon enzomeer, als geluidsobjekten benoemen. Deze betekenis is evenwel niet erg gangbaar buiten de kringen van de adepten van deze '*musique concrète*'.

In het hedendaagse internationale taalgebruik wordt de term bijna steeds gebruikt om artistieke voorwerpen (fysieke objekten, skulpturen) mee aan te duiden waaraan een of andere vorm van geluidsproduktie verbonden is. De vraag die zich hierbij stelt is natuurlijk of we dergelijke produkten als muziekinstrumenten dienen te beschouwen. Een antwoord daarop is wellicht in zijn algemeenheid niet te geven omdat de objekten die met deze term worden aangeduid een enorme diversiteit kunnen hebben:

- er zijn objekten gemaakt door beeldende kunstenaars die door er een sonore dimensie aan te verbinden, hun werk een temporeel en multimediaal karakter willen verlenen. Vaak is deze sonore bijdrage heel erg primitief of soms zelfs louter conceptueel, zoals bij Jean Tinguely, Man Ray of William Anastasi, maar er zijn toch behoorlijk wat voorbeelden van beeldende kunstenaars die heuse bespeelbare muziekinstrumenten hebben voortgebracht. (Martin Riches, Paul Panhuysen's 'Snaarinstallaties', Stephan Von Huene's werk, de gebroeders Baschet...).

*Een wel bijzonder extreem voorbeeld van een conceptueel klankobjekt is William ANASTASI's kunstwerk "Beethoven's Fifth Symphony" uit*

*1965 dat niets meer is dan een volledige bandopname van Beethovens vijfde symfonie, die van de spoel afgewikkeld is en tegen de tentoonstellingswand wordt gedrapeerd...*

- er zijn objekten gemaakt door musici die er een vizuele dimensie aan wilden verbinden. Ook hier weer worden we gekonfronteerd met de hele gamma gaande van uiterst primitief (Joe Jones, Mauricio Kagel) op het vlak der muzikale mogelijkheden tot bijzonder geraffineerd.

Het blijkt op grond van deze enorme verscheidenheid niet mogelijk de categorie der klankobjecten uit te sluiten wanneer we het over alternatieve muziekinstrumenten hebben. Het zal op grond van instrinsieke categorieën geval per geval onderzocht dienen te worden. Ook hangt een en ander er nogal van af, hoe het 'geluidsobject' wordt gebruikt. Om aan te sluiten bij wat we eerder stelden, het instrument dient samen beschouwd te worden met zijn instructie. Wanneer die instructie al te mager is (zoals bijvoorbeeld in het geval van Man Ray of zelfs bij Paul Panhuysens snareninstallaties) dan vermindert dit de instrumentaliteit van het object in kwestie.

We gaan dan ook in deze studie geen enkel verder onderscheid invoeren tussen de begrippen klankskulptuur, sonomobiel, geluidsobject, audio-art object, klankobject, klankvoorwerp, geluidskunst... Beter gezegd, we gaan niet pogen deze termen door definitiorische fijnzinnigheden en verfijningen uiteen te halen. Het is voor ons onderwerp overigens ook van geen enkel belang.

#### 1.1.1.2.:Oorsprong van het muziekinstrument:

Curt Sachs, een van de veteranen van de organologie, heeft er op verschillende plaatsen in zijn publikaties op gewezen dat alle hogere wezens emotie uitdrukken door beweging. Verder stelt hij dat alleen de mens in staat zou zijn, zijn emotionele bewegingen te reguleren en te koördineren, vanuit een 'bewust gevoel voor ritme'. Vanuit het feit dat de meeste 'emotionele bewegingen' hoorbaar zijn, gaat hij over naar de stelling dat de mens aanvankelijk wel ook gewoon op het eigen lichaam en op zijn omgeving zal hebben gestampt en geslagen, waarbij hij er zich niet van bewust was dat het geluid eigenlijk een afzonderlijk en afzonderbaar verschijnsel was van de beweging. Onwillekeurig komt ons hierbij steeds het beeld van de gorilla die op zijn borstkast slaat in een duidelijk expressieve poze waarin hij kracht lijkt te willen uitdrukken, voor de geest.

De eerste instrumenten zouden dan eigenlijk ontstaan zijn vanuit de behoefte om het geluid van de beweging te versterken en zo een ritmische koördinatie mogelijk te maken. De muziek en haar instrumenten zou dan voortgekomen zijn uit de dans. Vandaar dat voor Curt Sachs de rammelaars als waarschijnlijk de oudste muziekinstrumenten gelden.

Cfr. Curt SACHS, "De Geschiedenis van de Muziekinstrumenten", 1940 (Vert. 1969) p. 10, evenals van dezelfde auteur, "De Geschiedenis van de Dans"

Hoe spekulatief het ook moge zijn, bepaalde muzikologen hebben het ontstaan van de snaarinstrumenten verklaard vanuit de wapenboog. Deze boog, wanneer de pees wordt getrokken en gelost zonder er een pijl mee af te schieten, produceert immers een geluid. Dit geluid is volstrekt overbodig voor de boog als wapen, maar leidde ertoe dat die boog als speel-tuig kon worden gebruikt. Het geproduceerde geluid had voor de mens een expressieve betekenis, waardoor hij de boog als muzikaal speel-tuig ging gebruiken en optimaliseren.

cfr. André SCHAEFFNER, "Origine des instruments de musique", 1968,1980, ed. Mouton, Den Haag.

Een gelijkaardig verhaal kan dan uiteraard verzonnen worden om het ontstaan van de fluit vanuit de blaaspijp, van de trommel vanuit de valkuil overspannen met een vel, van het snorrebot vanuit het werpwapentuig,... en zo van zowat alle muziekinstrumenten te verklaren.

Aan de 'waarheid' van dergelijke verklaringen hechten we persoonlijk niet het minste belang. Zij behoren tot de historische mytologie. Wel strekken zij ertoe in deze kontekst het onderscheid tussen het expressie-werktuig en andere werktuigen duidelijk te maken, wat dan ook de enige reden is waarom we er hier iets over vertellen.

*Volgens Sachs, en wat dat betreft geeft hij de mening weer van een grote groep historici, werden de antieke, bijbelse en andere mythen vervangen door de geschiedenis, op het ogenblik dat de oorsprong van de instrumenten niet langer aan de goden werd toegeschreven. Dit lijkt ons evenwel niet voldoende om van een geschiedenis, wanneer deze tenminste als een wetenschap wil worden opgevat, te kunnen spreken. Meer bepaald, moet het grootste deel der verklaringen met betrekking tot de oorsprong van wat voor verschijnsel ook dat ver in de prehistorie teruggaat (de mens, de arbeid, de kleding, de landbouw...) als in hoge mate spekulatief worden opgevat. In die zin zijn zij net zo zeer mythologie als de antieke mythen zelf.*

Hoe het ook historisch gebeurde, feit is dat we vanaf een slechts vaag bepaalbaar ogenblik kunnen konstateren dat er zich onder de artefaktische tuigen die geen einddoel op zich vormen, een differentiatie naar functie en doel heeft voorgedaan:

-werk-tuig

Het instrument voor het leveren van arbeid, voor het *kunnen* doen dus.

-speel-tuig

Het instrument dat voor spel en expressie wordt gebruikt, waarbij we geen scherp onderscheid tussen beide willen noch kunnen doorvoeren, maar we de betekenis wel zo ruim willen opvatten dat ook tuigen gebruikt in rituelen en ceremonies ertoe behoren.

-meet-instrument

Het instrument dat voor kennisverwerving wordt gebruikt. Tuigen die dus het *kennen* verhogen. De hantering ervan levert in de eerste plaats informatie op.

Dit onderscheid, gelegen in het functioneel verschil tussen werktuig, speeltuig en meettuig, zoals uit deze studie mede moge blijken, is van fundamenteel belang wanneer we ons bevragen over eisen die we zouden geneigd zijn te stellen aan expressie- of speel-tuigen, meer in het bijzonder aan muziekinstrumenten in de meest brede en algemene zin.

Indien als plauzibel kan worden aangenomen dat de instrumenten in algemene zin zich ontwikkelden vanuit de mens zelf (de gespierde mens als bron van arbeid, het lichaam als speeltuig, de mens als maat der dingen), kan het wellicht nuttig zijn zich te bevragen over diens intrinsieke mogelijkheden vanuit een instrumentaal perspectief.

Wanneer we hierbij dan eerst gaan nadenken over de eigenmenselijke expressiemiddelen -die middelen dus waarover we beschikken zonder enige instrumentale extensie- dan komen we vlg tot volgende opsomming:

- vizuele
  - dynamische
    - waarbij de veranderingen in functie van een tijdsverloop belangrijk zijn, beweging dus.
  - statische
    - waarbij de momentane situatie het belangrijkste is: gelaatsuitdrukking en lichaamshouding
- taktiele
  - dynamische
    - Taktiele ervaringen in de tijd: gaande van strelingen tot en met slagen.
  - statische
    - Taktiele statische gewaarwordingen: tekstuur, thermische-gewaarwordingen.
- olfaktische
  - geur
    - Dit aspect is bij de mens als expressiemiddel weinig ontwikkeld, of, zoals het door sommige auteurs wordt gesteld, hij verloor voor een groot deel deze sensibiliteit...
- auditieve
  - vokale geluiden
    - non-verbaal geluid
    - verbaal geluid (semantisch-geluid)
  - andere lichaamsgeluiden

Hoewel we dit hier zelfs niet willen proberen te bewijzen, lijkt het erop dat de auditieve expressiemiddelen bij de mens wellicht het meest ontwikkeld zijn. De taal heeft zich dan ook in eerste plaats in het gebied van het auditieve ontwikkeld. In het voortbrengen en herkennen van geluiden beschikt hij ons inziens over de grootste differentiatiemogelijkheden.

Ter illustratie daarvan een -overigens allicht onvolledige- opsomming. Voorbeelden van in deze lijst vermelde mogelijkheden zijn te vinden wanneer we het onderzoeksgebied verruimen tot het geheel van alle menselijke culturen en we ons dus niet beperkten



tot wat in de Westeuropese cultuur als normaal wordt gezien.

- Vokale geluiden:

*verdeeld naar 'betekenis':*

- alle vokale geluiden met semantische lading (de talen)
- fonetische geluiden zonder semantiek

*verdeeld volgens akoestische criteria:*

Stemband-geluiden:

- zingen

- enkelvoudig
- 'multiphonic'
- met buccale boventoonsfiltering
- in de keel gericht
- frontaal gericht
- met tong-sordino
- met tong-resonator
- inademend zingen
- subsonisch zingen
- keelpersen (in of uitademend)

- spreken

- normaal
- met gesloten mond
- buikspreken
- falsetspreken

Buccale geluiden:

- percussie: tongslag
- trompetten
- fluiten
- huiggeluiden
- wangperkussie
- blazen
- sissen
- lipflutten
- kussen
- dekompressieplof met lippen

Kombinaties:

- trompetzingen
- fluitzingen

- Lichaamsgeluiden:

Percussieve:

- kloppen op wangen met de mondholte als resonator
- kloppen op de borstkas waarbij de borstholte als klankkast wordt gebruikt
- klappen op zowat alle huidoppervlakken (in eerste plaats de dijen en de billen)
- knippen met vingers of tenen
- wrijven
- kloppen/tikken met nagels, vingers, handen, vuisten, armen, ellebogen, voeten, dijen, billen, tenen...

Wind-geluiden:

- wangen als windzakken gebruiken
- blazen en zuigen met de handen (pomp vormen met beide handen)
- de handen als 'okarina' gebruiken en bespelen

- fluiten met de lippen of met de vingers
- de handen als hoorn gebruiken door erop te blazen met samengeperste lippen.

Chordofone-geluiden:

- als snaarinstrument bespelen van het haar

Wanneer we bovenstaande toch vrij imposante opsomming overschouwen, dan zouden we ons natuurlijk kunnen afvragen waarom de mens dan überhaupt op het idee is gekomen, externe werktuigen als expressieve klankbronnen te gaan gebruiken.

Ook op dergelijke vraagstelling, kan een antwoord, ons inziens, hooguit spekulatief zijn. We zullen enkele van de vele mogelijke en denkbare antwoorden dan ook eerder als vragen formuleren:

Is het zo dat hij zijn eigen lichamelijke klankenwereld te beperkt vond als uitdrukkingmiddel?  
Heeft hij gewoonweg zijn mogelijkheden willen verruimen?

Kwam hij ertoe muziekinstrumenten te bouwen en te gebruiken om zijn motorische expressiemogelijkheden te kunnen omzetten in akoestische?  
Heeft hij de dans willen versterken en mogelijk maken door hem te koppelen aan lichamen en/of instrumentale geluidsproduktiemiddelen?

Kwam hij ertoe omwille van de 'magie' die hij mogelijk verbond aan het fenomeen klank en geluid?  
Verbond hij precies aan door voorwerpen voortgebrachte geluiden een bovennatuurlijke oorsprong en kracht omdat hij over het immateriële van het geluid geen inzichtelijke macht had? Waren het de goden die spraken doorheen de klank der bewogen dingen?  
Was de klank dan datgene wat de menselijke met de goddelijke wereld verbond?

Beoogde hij bij het gebruik van mediërende instrumenten een objektivering van de expressief gebruikte klanken door hen juist niét vanuit het eigen lichaam te laten voortkomen?  
Was dit een vroege uiting van een zin voor abstraktie? Van een wil om het individuele en solipsistische van de expressie te overstijgen door instrumentale objektivering ervan?

Wilde hij uitgerekend zijn expressiemogelijkheden beperken door gebruik te maken van instrumenten?  
Was het precies de veelheid aan lichamelijke mogelijkheden die hem overweldigde?  
Is het niet precies de eliminatie van mogelijkheden die de ontwikkeling van de muziek als expressiemiddel heeft mogelijk gemaakt?

Werden instrumenten uitgevonden en gebouwd om te worden gebruikt als wapen?

Om de vijand angst aan te jagen, een angst die hij wellicht niet zou ervaren hebben wanneer de geluiden herkenbaar slechts van een soortgenoot afkomstig waren?

Maakte hij 'in den beginne' wel een onderscheid tussen het eigen-geluid en dat wat hij middels de voorwerpen uit zijn omgeving voortbracht?

Zijn, anders gesteld, 'instrumentale' en vokale of lichamelijke muziek niet broederlijk tesamen gegroeid en ontstaan vanuit een eenheid tussen mens en omgeving?

Wilde hij toch door het gebruik van klankwerktuigen een groter energetisch rendement kunnen halen dan wat haalbaar was middels de eigen middelen tot geluidsproductie?

*Opmerking: aangetoond kan worden dat slechts de muziekinstrumenten door de mens gebouwd sedert de 19e eeuw, een hoger akoestisch rendement halen dan de menselijke stem. Bijna alle vroegere instrumenten konden door de stem worden overstemd. Deze hypothese moet op grond van deze feitelijkheid dus beslist verworpen worden.*

*De uitzonderingen kunnen overigens bijna allemaal worden teruggevoerd op militair gebruik van slaginstrumenten zoals gongs (China!), pauken en bekkens (Turks!). Een onderzoek naar de dynamische mogelijkheden van enkele instrumenten verrichten we zelf en is weer te vinden sub. 1.1.1.3.2.*

*cfr. BLADES, James "Percussion Instruments and Their History", 1970.*

Wat ook de redenen mogen zijn geweest die de mens er kunnen hebben toe gebracht werktuigen te gaan gebruiken voor het voortbrengen van geluid, feit is dat hij ze, en dit in en doorheen alle culturen, bouwt en gebruikt.

Muziek wordt vaak onderscheiden in instrumentale muziek en andere. Dit onderscheid is dus klaarblijkelijk gesteund op de veronderstelling dat er zoiets als een niet-instrumentale muziek zou bestaan. We weten het natuurlijk wel, gedacht wordt normaal gezien aan vokale muziek, en het vokale apparaat wordt niet tot de instrumenten gerekend aangezien het tot ons lichaam zelf behoort en het derhalve geen extern verlengstuk is van datzelfde lichaam.

Nochtans kan men daartegenover stellen dat het muzikale gebruik van dat instrument een technische vaardigheid (een instructie) veronderstelt die in wezen niet verschilt van de vaardigheid die we nodig hebben wanneer het om 'externe' muzikale werktuigen gaat. Het is in dit geval uitsluitend de instructie die de stem tot instrument maakt. De oude Romeinen zouden haar in hun taal beslist een instrument hebben genoemd. Dat de stem inderdaad een instrument is blijkt ook overduidelijk uit de talloze, totaal verschillende wijzen waarop de stem muzikaal wordt gehanteerd in diverse culturen: eskimo keel-zangen, chinese opera, multifofoon zingen, bel-canto, boventoonszang via mondholteresonantie... Deze verschillen zijn niet louter terug te voeren op zgn. esthetische opvattingen. Zij

volgen rechtstreeks uit de technische instructie die de stem in elk van die gevallen eigenlijk tot een telkens ander instrument maakt. Vele van die stem-instrumenten zijn ook niet met elkaar te combineren. Een bel-canto zanger kan zich niet tevens de instructie van het Eskimo-zingen eigen maken, zonder zijn eerste instrument te mutileren.

Vele auteurs hebben doorheen onze geschiedenis gepoogd te pleiten voor de superioriteit van de stem en het zingen, boven de instrumenten in de muziek. Vaak werden muziekinstrumenten gezien als een bron van verloedering en zedenverwildering. Vooral vanuit de kerk waren heel regelmatig dergelijke stemmen te horen. Al wie in de muziek op een of andere wijze de ascese predikt, valt steeds weer terug op de primauteit van het vokale, meer in het bijzonder het kollektieve zingen of, het koor. De hele preskriptieve harmonie en het academische kontrapunt worden, waar deze disciplines thans nog onderwezen worden, in alle strengheid gedoceerd uitgaande van het koor en de beperkingen die daaraan worden gesteld.

De reden daarvoor dient evenwel nooit te worden gezocht in de grotere expressieve mogelijkheden die de stem in die kontekst te bieden zou hebben, maar wel in tegendeel, precies in de grote beperkingen die zij op expressief vlak met zich brengt. Het prediken van het koor als ultiem muziekinstrument getuigt van een in wezen religieuze instelling die in muziek niet méér of niets hogers wenst te zien dan een vorm van kollektief gebed.

*Om in deze niet verkeerd begrepen te worden wijzen we er expliciet op dat we hiermee niet het vokale of het koor als dusdanig afwijzen. Wel is het de bedoeling te wijzen op het niet op vergroting van de expressieve mogelijkheden gericht zijn van diegenen die in het koor het superieurste muzikale uitdrukingsmiddel zien.*

## 1.1.1.3: Werktuigkundige analyse van het muzikale werktuig:

## 1.1.1.3.1.- Algemeen

Een instrument is als werktuig, een doel-matige technische konstruktie. Wat is echter het doel van die doelmatige technische konstruktie?

Moet een instrument gemaakt en ontworpen worden in functie van de behoeften van de bespeler?

Of, strekt het instrument ertoe een bepaalde muziek realiseerbaar, speelbaar, te maken?

De grote bijzonderheid van dit werktuig is dat het een *artistiek* werktuig is, in de hedendaagse betekenis van het woord. Het belangrijkste gevolg daarvan is gelegen in het feit dat het doel niet a priori gegeven is in termen van een produkt waarvan de eisen op voorhand bekend kunnen zijn. Dit maakt de criteria van de werktuigkunde slechts zeer gedeeltelijk van toepassing op muzikale werktuigen.

Aan een werktuig stelt men in het algemeen immers de volgende eisen:

- het dient de arbeid waarvoor het werd ontworpen niet alleen mogelijk te maken, maar het moet die bovendien ook eenvoudiger maken dan het geval zou zijn zonder gebruik van het werktuig. Zoniet immers, is het werktuig een overbodige hinder.

*Werktuigen die funktioneel gezien overbodig zijn of zelfs hinderlijk komen wel degelijk voor, maar behoren zonder uitzondering thuis in een of ander ritueel of ceremonie.*

- het moet daarin de hoogste technisch en economisch haalbare graad van optimalisatie bereiken.

*Wanneer niet het werktuig met de grootste graad van optimalisatie benut wordt, heeft dat steeds economische redenen. Een verouderd instrument, wanneer het wordt vervangen door een nieuwer en verbeterd exemplaar terwijl het nochtans niet stuk of versleten is, hoort thuis in de passieve verzameling, het 'museum'.*

Een ideaal muzikaal werktuig in de meest algemene zin genomen, moet vanuit deze optiek enerzijds het aantal keuzemogelijkheden van de gebruiker in zoveel mogelijk perceptorisch relevante parameters van de geluidsproduktie maksimaliseren, terwijl het anderzijds de zo snel mogelijke aktualisering van deze keuzemogelijkheid mogelijk moet maken. De impuls en het akoestisch effect moeten met andere woorden onmiddellijk op elkaar volgen terwijl anderzijds dat akoestisch effect evenveel differentiatie dient te vertonen als er intentionele differentiatie is in de impuls. Het spreekt vanzelf dat onbegrensde mogelijkheden niet tot enige denkbare wereld behoren. Het zou ruim voldoende zijn, indien de verzameling van alle uitvoerbare bewegingen even groot zou zijn, als die der produceerbare en differentieerbare klanken. We gaan er dus eigenlijk 'a priori' van uit dat de mens met geen enkel technisch middel zijn expressieve mogelijkheden kan te buiten gaan. Hij kan niets méér uitdrukken dan wat hij uitdrukken kan, wat zo geformuleerd uiteraard triviaal lijkt. Deze grens kan dan immers niet door een werktuig van welke aard ook worden verlegd. Precies hierin verschilt het werktuig dat voor menselijke

expressie wordt ontworpen fundamenteel van het werktuig dat deze mens gebruikt om zijn omgeving te veranderen. Dit laatste werktuig, laat hem immers toe méér te presteren dan wat hij zonder werktuig zou kunnen doen. Immers in dit laatste geval werkt het werktuig als een versterker van mogelijkheden en is het in principe slechts beperkt door enerzijds de grootte van de wereld waarbinnen het wordt gebruikt en anderzijds het 'oplossend vermogen' ervan. Een voorbeeld moge dit enigszins filozofische denkbeeld verduidelijken:

- vergroting van wereld en keuzemogelijkheden:

Een mikroskoop laat ons toe onze wereld naar het kleine toe uit te breiden. Dit gaat objectief gepaard met een vergroting van onze wereld en dus van onze keuzemogelijkheden. Via de mikroskoop wordt het mogelijk op bvb. de kernen van levende celstructuren in te grijpen en zodoende nieuwe levensvormen te scheppen.

- vergroting van de prestatiemogelijkheden:

Een bulldozer, een niet-expressief werktuig, laat de mens toe letterlijk bergen te verzetten. Het werktuig kan de grenzen van de door de mens leverbare arbeid met een slechts door de door hem vrijmaakbare energie beperkte faktor vergroten. Zolang we genoeg petroleum hebben voor de bulldozer, kunnen we ermee doorgaan bergen te verzetten.

In het gebied van de menselijke expressie is noch een vergroting van de wereld, noch een vergroting van de leverbare arbeid een relevant doel.

Uiteraard is het niet steeds mogelijk beide oriëntaties van het werktuig zo strikt gescheiden te houden. De mens heeft immers de neiging zich doorlopend uit te drukken, dus ook wanneer hij niet-expressieve werktuigen gaat hanteren.

Omgekeerd, komt het ook in de kunst vaak voor dat expressieve handelingen gepaard gaan met hantering van een of meer niet-expressieve werktuigen. Deze grensgevallen en overgangssituaties zijn bovendien niet eens uitzonderlijk. Meer nog, zij hebben geleid tot een hele reeks zelfstandige takken van menselijke activiteiten waaronder bijvoorbeeld bijna alle sporten.

Een voorbeeld:

- De degen, gebruikt bij het schermen, is zonder de minste twijfel oorspronkelijk door de mens gemaakt als werktuig om de (vijandelijke) medemens mee af te slachten of te verwonden. Hij is gegroeid uit het mes. In het schermen echter, wordt de degen niet langer gebruikt als werktuig maar wordt hij, door hem als speel-tuig te gebruiken, mede tot expressie-werktuig. Een tweede goed voorbeeld wordt gevormd door de vervreemding van het transportwerktuig slede tot ski en schaats. Het spel kan zo gezien worden als het overgangsgebied tussen expressie-werktuig en arbeids-werktuig.

### 1.1.1.3.2.: - Instrument en motorische mechanika

Een instrument in het algemeen en een muziekinstrument in het bijzonder, is gemaakt en ontworpen om te worden gehanteerd door de mens. De kennis van de criteria en vereisten inzake de aanpassing van het werktuig aan de werker en het werk noemt men de ergonomie.

Uitzonderingen hierop zijn er uiteraard: de wind-chimes, de aeolusharp en zowat alle muzikale automaten en speeltuigen waarover verder in deze studie meer.

Alle traditionele muziekinstrumenten worden bediend via mechanisch-motorische interactie van de mens -de speler- met het instrument. Deze mechanische interactie kan rechtstreeks in verband staan met de klankvoortbrengst zoals dat het geval is bij *violen*, fluiten trompetten... of onrechtstreeks, zoals bij het *orgel* (pijporgel zowel als elektronisch orgel) en de meeste elektrische en elektronische muziekinstrumenten. In dit laatste geval is het dus niet de mechanische kracht en beweging van de speler die de geluidsvoortbrengst bepaalt, maar wel een externe energiebron (een blaasbalg of de elektriciteitscentrale) die via de bespeling wordt gestuurd.

Instrumenten die rechtstreeks vanuit de werking van onze hersenen worden gestuurd werden weliswaar gebouwd en ontworpen, (de zgn. Brainwave-gestuurde instrumenten, waarover meer sub.1.2.2.1.2.3) maar zijn toch werkelijk zodanig experimenteel en marginaal dat ze vooralsnog de algemeenheid van deze regel eerder bevestigen dan dat ze het zouden weerleggen.

Het is dus niet onzinnig even bij deze mechanische aspecten van de menselijke motoriek te blijven stilstaan. Het is toch via deze motoriek dat de mens het instrument als expressie-werktuig zal wensen te gebruiken. Omdat het ver buiten het opzet van deze studie zou gaan, beperken we ons tot een beknopt aanduiden van de motorische en mechanische aspecten verbonden aan de bespeling van de Westeuropese verschijningsvorm van enkele uitermate typische (zij het onder andere gedaanten en vormen ook in andere culturen voorkomende) muziekinstrumenten, met name:

- de trommel
- de viool
- de fluit
- de piano

## 1.1.1.3.2.1.: De Trommel:

De trommel is op motorisch vlak wellicht het 'gemakkelijkste' van alle instrumenten. Er wordt immers op geklopt om geluid voort te brengen. De instructie lijkt de eenvoud zelf.

Het op de trommel slaan gebeurt met de linker- en/of de rechterhand. De geluidsterkte hangt -voor eenzelfde instrument dat we hier als konstant zullen beschouwen- af van de mate waarin we het vel uit zijn oorspronkelijke evenwichtstoestand weten te brengen en van de tijd vooraleer een nieuwe evenwichtstoestand bereikt is. Immers pas binnen de tijd gelegen tussen beide evenwichtstoelstanden, kan het vel zijn trilling op de lucht overdragen, en in deze het luchtdrukmodulatieverschijnsel veroorzaken dat we gevoeglijk geluid plegen te noemen.

De mate waarin we het vel uit zijn evenwichtstoestand kunnen brengen hangt af van de kracht van de botsing tussen arm (eventueel voorzien van een trommelstok) en trommelvel. De kracht van die botsing hangt af van zowel de snelheid waarmee we tegen het vel aangaan als van de massa die we tegen het vel aanploffen.

De tijd tussen het eerste onevenwicht in het vel, optredend op het moment van de botsing, en het tweede hangt af van de snelheid waarmee we het contact met het vel na de botsing verbreken. Hoe sneller we dit doen, hoe vrijer het vel kan bewegen en hoe langer het ook zal blijven klinken. De kortste slag kunnen we voortbrengen door de hand of de stok na de botsing helemaal niet van het vel af te bewegen. Daarvoor is echter zuiver mechanisch beschouwd een veel grotere kracht nodig, aangezien de derde wet van Newton (Actie = - Reactie) ons bij een grotendeels elastische botsing de kracht van die botsing voor een groot deel in omgekeerde zin teruggeeft.

De mechanika leert ons dat de impuls van de botsing berekend moet worden als het produkt van de massa en de snelheid. Dus,  $p = m * v$ , of in een driedimensioneel koördinatenstelsel,

$$p_x = m * v_x, \quad p_y = m * v_y, \quad p_z = m * v_z$$

De impuls is immers een vektor in de richting van  $v$ . Vertegenwoordigt de massa van onze hand en een gedeelte van de voorarm stel 3kg, en gaan we met een snelheid van zegge 2m/s tegen het vel aan op het moment van de botsing (dit zijn realistische opgemeten waarden voor een driedubbele-forte...), dan gaat dit gepaard met een energie

$$E = (m * v^2) / 2,$$

(in ons voorbeeld levert dit 3 Joule op) immers de gehele kinetische energie van de beweging wordt overgedragen op het vel en daar omgezet in een deel warmte, een deel potentiële energie opgeslagen in de



vergroete spanning van het vel (mechanisch gezien is dit een veer), en een in verhouding heel klein deeltje geluid dat ontstaat omdat de omringende lucht een dempende werking uitoefent...

De botsing is elastischer naarmate meer van kinetische energie van de beweging na de botsing in het vel overblijft. Ware de botsing perfekt elastisch, dan zou het vel geen deformatie ondergaan en zouden we natuurlijk ook helemaal niets kunnen horen. Het energieverlies, het verschil tussen de kinetische energie voor en na de botsing, is de energie waaruit we kunnen putten voor de geluidsproduktie. Voor een mechanische analyse daarvan moeten we het gespannen vel beschouwen als een gedempte mechanische oscillator. Het is immers een veer. Bij een elastische botsing wordt de kinetische energie deels overgedragen op de oscillator, waarvan de werking, zoals bij de slinger, berust op het periodiek omzetten van kinetische in potentiële energie.

De massa van het vel, de veer, is bij de trommel heel klein in verhouding tot de massa betrokken bij de oorzaak van de botsing. (Althans wanneer we ervan uitgaan de de trommel met de hand wordt aangeslagen). De mechanische weerstand van de oscillator is vrij groot, vanwege de hoge demping o.a. veroorzaakt door de omringende lucht. Uiteraard is het precies door het bestaan van deze weerstand dat we de trommel als instrument kunnen gebruiken.

Dat de trommel zuiver beschouwd als werktuig om geluid mee voort te brengen, allesbehalve een erg efficiënt werktuig is, moge blijken uit de berekening van zijn efficiëntie:

- de geluidsdruk geproduceerd door een trommel, gespeeld in fff (dus aangeslagen door 3kg met een snelheid van 2m/s, wat ongeveer overeenkomt met een mechanisch vermogen van zo'n 12Watt) bedraagt volgens onze geluidsdrukmeter, gemeten op 1 meter afstand van de trommel, maximaal 108dba. (+/- 6dB). Harry OLSON geeft een waarde op van 110dba, wat met onze metingen overeenkomt.

OLSON, Harry F. "Music, Physics and Engineering", p.231

Aangezien de decibell een meeteenheid is die maar kan geïnterpreteerd worden rekening houdend met het in een standaard vastgelegd absoluut referentienivo, en aangezien dit referentie-nivo voor geluidsdruk volgens die standaard gedefinieerd werd als:

$$0\text{dBA} = 20\mu\text{N}/\text{m}^2 \text{ of } 20 \mu\text{Pa}$$

waarbij deze referentiegeluidsdruk overeen komt met een akoestisch vermogensniveau van 10pW (=  $10^{-12}$ Watt) (het vermogen is evenredig met het kwadraat van de geluidsdruk) stemt onze meting van de geluidsdruk overeen met een vermogen van 80mWatt.

De formules voor de omrekening zijn:

$$P_d = 20 \log(p/p_0) = 20 \log(p) + 94 \quad \text{ref.: } 5 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

$$P_v = 10 \log(I/I_0) = 10 \log(I) + 120 \quad \text{ref.: } 10^{-12} \text{ Watt/m}^2$$

Zonder veel gereken kan men gebruik maken van het hieruit volgende feit dat het vermogen voor elke stap van 3dB in de dBA-schaal, verdubbelt. De luidheid verdubbelt per stap van 6dB. Daarom komt de maximale geluidsdruk geproduceerd door een orkest van 75 musici een met een aflezing van 140dbA en een akoestisch vermogen van 100Watt.

Het mechanisch vermogen nodig om deze akoestische dreun te doen klinken was echter zo'n 12 Watt. Wanneer we hieruit de efficiëntie berekenen van de trommel als instrument voor geluidsproductie, dan komen we uit op een verhouding van 1:150, of een rendement van 0.66%. Vergelijken we dit met de menselijke stem, dan blijkt dit orgaan hooguit een rendement op te leveren van 0.1%. Het instrument trommel is dus, zoals blijkt, een zesmaal efficiënter middel om 'lawaaï' te maken dan de stem...

Cfr.: MYNCKE, H & COPS, A. "Lawaaibeheersing", p.20

*In deze publikatie wordt de berekening als volgt gedaan voor een zanger: "Veronderstel dat een zanger 0.1 liter lucht per seconde uitademt bij een overdruk in zijn longen van 1257 N/m<sup>2</sup> en dat hij op 1 meter van zijn mond een geluidsintensiteitsniveau ontwikkelt van 70dB, dan bedraagt het mechanisch vermogen 0.1257 Watt en het akoestisch vermogen 0.1257 microwatt, hetzij een rendement  $n = 1$  promille".*

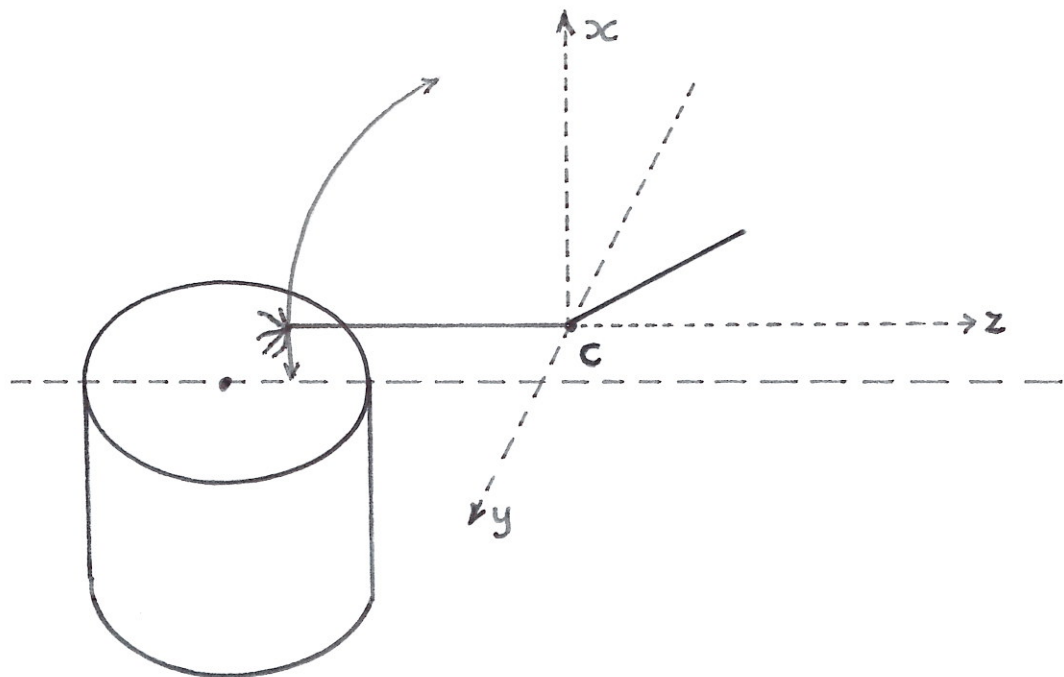
Is het dan toch de luiheid of de zin voor efficiëntie die de mens ertoe bracht instrumenten te bouwen om geluid voort te brengen?

Wanneer we echter de diverse instrumenten naar instrumentele efficiëntie inzake geluidsvoortbrengst vergelijken, zullen we konstateren dat, afgezien van de blaasinstrumenten, de trommel zowat het meest efficiënte muziekinstrument blijkt te zijn. Ook blijkt dan dat de stem het helemaal niet zoveel slechter doet dan het gros der muziekinstrumenten.

Vanuit het oogpunt van de motoriek gezien, vergt de trommel dus van zijn bespeler als belangrijkste parameter kracht. Het is de kracht die zal bepalen met welke snelheid het vel geraakt zal worden. Immers aan de massa van de hand, pols, voorarm kan weinig veranderd worden, zodat we in de formule die de impuls bepaalt als produkt van massa en snelheid, deze massa als een konstante kunnen invoeren. Hoewel we van stok zouden kunnen wisselen en zodoende toch over een veranderlijke massa zouden kunnen beschikken, kan dit echter niet kontinu gebeuren en daarom laten we het hier verder buiten beschouwing.

De beweging nodig om de trommel te bespelen omvat voorts nog een komponent richting. In hoofdzaak is de kracht gericht op het centrum van het vel en beschrijft de beweging een min of meer eliptische baan. Het vlak waarin het vel ligt snijdt deze baan bij normale

bespeling quasi loodrecht.

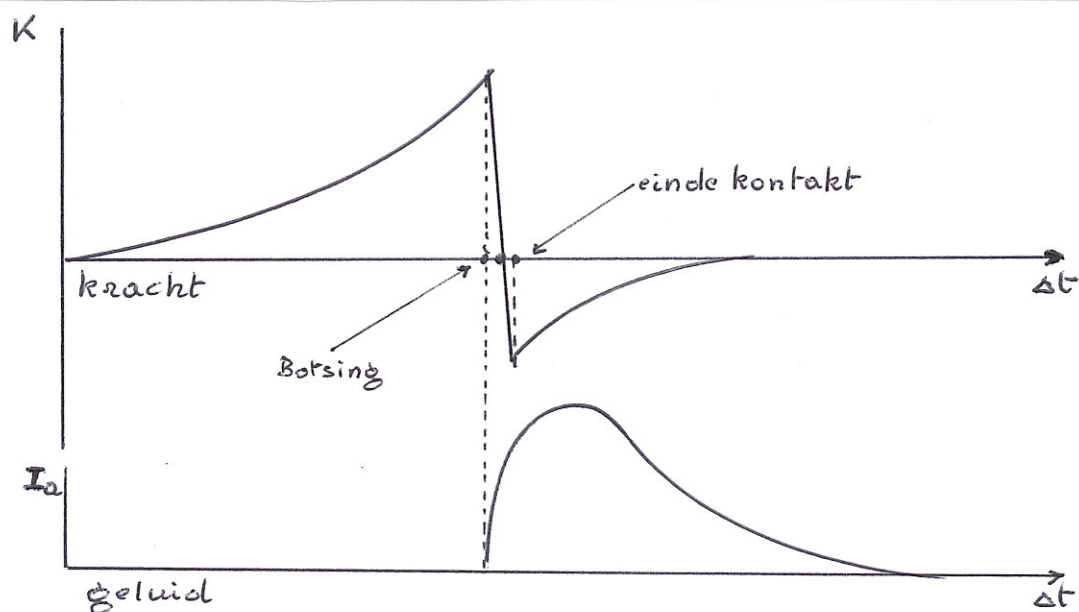


In de koördinaten vergelijkingen voor de impulsmomenten zal dus

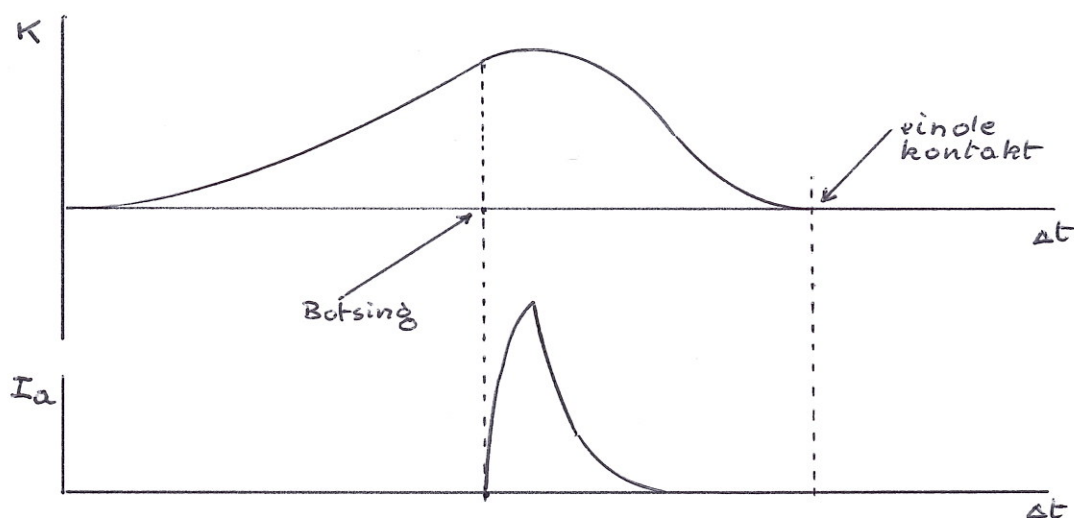
veel groter zijn dan  $p_x = m \cdot v_x$   
 en  $p_y = m \cdot v_y$   
 $p_z = m \cdot v_z$ .

De y en z dimensies worden door de trommelaar wel gebruikt, maar dan in eerste plaats als variabelen waarmee hij de botsing met het vel in meer of mindere mate uit het centrum kan doen plaatsvinden. De z en y variabelen, motorisch gezien positionele of angulaire variabelen dus, worden door de speler gebruikt om de klankkleur van het opgewekte geluid te variëren, aangezien deze vooral afhangt van de plaats waarop het vel wordt aangeslagen. Motorisch gezien wordt de trommel dus bespeeld met als variabelen kracht en richting. Daarmee is echter nog niet alles gegeven! Immers, een soepel motorisch trommelspel veronderstelt een vrij nauwe controle over het verloop van vooral de kracht in de tijd. Dit kan het duidelijkst worden getoond aan de hand van een geschetste grafiek waarbij we horizontaal het tijdsverloop uitzetten, en vertikaal de ontwikkelde kracht evenals het akoestische resultaat (de enveloppe of omhullende van het geluid). We onderscheiden enerzijds de elastische slag, waarbij de duur van de botsing (de tijd van fysisch contact tussen trommelvel en hand of stok) minimaal is, en anderzijds de gedempte slag, waarbij de kracht na de botsing nog enige tijd behouden blijft:

## a. de elastische trommelslag



## b. de gedempte trommelslag



Het is precies de mogelijkheid die de speler heeft om het verloop van de  $K$ - $t$  kurve via zijn motoriek te controleren die maakt dat de trommel een bruikbaar muziekinstrument is kunnen zijn. Precies hierin ligt namelijk de mogelijkheid van het instrument verscholen als expressie-werktuig te worden gebruikt. Op de psychologische achtergronden daarvan komen we later overigens nog terug.

De dynamiek is aan de bovenzijde begrensd tot ca. 108dBA en begint bij normaal muzikaal gebruik vanaf 36dBA.

cfr. Olson, H., op.cit. p.231.

De dynamiek bestrijkt dus een interval van 72dB, of in verhoudingsgetallen, 1:4000. Informatietheoretisch

bekeken stemt dit overeen met een resolutie van hoogstens 12 bits lineair voor de parameter intensiteit. Aangezien wij echter logaritmisch horen en wij kleinere intensiteitsverschillen dan 1dB niet waarnemen, kunnen we, logaritmisch gebruikt, volstaan met een resolutie van slechts 7 bits.

#### 1.1.1.3.2.2.: De Viool

De viool, volgens de enen de onverbeterbare koningin van alle muziekinstrumenten en de parel aan de kroon van de geschiedenis van de westerse muzikale werktuigen, volgens anderen, een primitief, onprecies en oncontroleerbaar knoeituig waar alleen met de grootst mogelijke inspanning een redelijk geluid mee te maken valt, stelt ons voor een uit oogpunt van motorische analyse veel complexer probleem. Aangezien we voor onze studie geen nood hebben aan een volledige motorische analyse van de diverse muzikale speeltuigen, maar kunnen volstaan met een gefundeerd inzicht in de meest essentiële motorische parameters, kan die analyse hier voor de viool, en verder voor enkele andere instrumenten minder gedetailleerd overgedaan worden.

Bij een beschouwing van het vioolspel vanuit de motoriek kunnen we er niet onderuit te onderkennen dat het een gekoördineerd samenspel betreft tussen bewegingen van de linker en van de rechterarm. Anders dan bij de trommel, is hier helemaal geen sprake van enige motorische symmetrie:

##### RECHTERHAND:

- de rechterhand bepaalt via de snelheid én druk van de strijkstok in eerste plaats de geluidsterkte en in tweede plaats de toonvorming (klankkleur). Anders dan dat het geval was bij de trommel, kunnen we het mechanisch model van de botsing hier niet gebruiken. Veeleer geldt hier het model van de grosso-modo eenparig rechtlijnige beweging over een oppervlak waarbij wrijving optreedt. De kracht via de boog uitgeoefend op de snaar heeft hoofdzakelijk twee vectoren  $x$  en  $y$ , waarbij  $x$  de dimensie van de kracht is in de richting van de boogbeweging zelf, terwijl  $y$  de dimensie van de kracht is uitgeoefend op de snaar. De kracht  $KR_x$  moet de wrijving overwinnen en het aanhouden van een redelijk konstante snelheid  $VR_x$  van de boog in stand houden. Ook wisselt haar vektor regelmatig van teken. Beide krachten staan loodrecht op een. Hun vectoren liggen in een vlak dat loodrecht staat op de snaren van de viool. Een derde vektorieële kracht  $KR_z$  is van beduidend minder belang. Deze laatste (waardoor het punt waarop de boog de snaar aanstrijkt kan gewijzigd worden en via dewelke sul ponticello, sul tasto... gespeeld kan worden) is vergelijkbaar met wat in onze analyse van de trommel gezegd werd over de plaats waar het trommelvel geraakt kan worden. Ook hier

gaat het over een beperkte angulaire afwijking die mogelijk is ten opzichte van de normale bewegingsvektoren, en waarmee ook hier in hoofdzaak, aspecten van de klankkleur en de toonvorming kunnen worden gecontroleerd.

Anders dan dat het geval was bij de trommel, zijn bij het bespelen van de viool de bewegingssnelheid van de boog en de druk erdoor op de snaar uitgeoefend, twee nogal onafhankelijk te controleren krachten. Immers de klankproduktie van een viool grijpt plaats zolang de boog met een bepaalde druk op de snaar beweegt, terwijl bij de trommel alleen het produkt van massa en snelheid op het moment van de botsing van belang zijn voor het bereikte klankresultaat.

Wanneer we de viool als instrument voor lawaaiproductie bekijken, dan hebben we voldoende aan het uitvoeren van berekeningen in verband met de mechanika van de rechterhand. Immers alleen deze hand bepaalt of er al dan niet klank wordt geproduceerd. Alleen deze hand doet de snaren trillen.

De mechanische energie die gemoeid is met de geluidsproduktie van de viool bestaat uit de som van volgende componenten:

- de energie nodig om de boog, de rechterhand en een deel van de rechterarm over een traject van ongeveer 50cm telkens weer te versnellen tot een snelheid van maximaal 2m/s en dit in een tijd van ongeveer 1 seconde.

Schatten we de te versnellen massa op 3kg, dan is daarvoor dus een kracht nodig van  $(3\text{kg} * 0.5\text{m}) / (1\text{s})^2 = 1.5 \text{ Newton}$ .

- de energie nodig om de wrijving op de snaar te overwinnen en om de druk op de snaar in stand te houden, opdat ze zou blijven klinken. Een indicatieve meting (50% procentuele fout) van deze laatste kracht, leverde ons een maximale waarde van 400g op, of, uitgedrukt in Newton zoals het hoort, 3.9 Newton.

Samen genomen oefenen we dus een kracht uit van 5.4N, iets waarvoor per seconde een mechanisch vermogen geleverd moet worden van  $5.4 * 0.5\text{m} / 1\text{s} = 2.7\text{Watt}$ . Het als geluid afgegeven akoestisch vermogen van de viool bedraagt daar tegen bij een geluidsdruk van 93dBA hooguit zo'n 2mW. De efficiëntie of het rendement ervan is dus ongeveer 0.19%, wat toch ook weer een grotere waarde is dan wat voor de menselijke stem werd berekend (zie hoger).

James JEANS, in "Science and Music" geeft als akoestisch vermogen voor een ppp op de viool een waarde op van 3.8μWatt. (p.229)

De kleinste produceerbare geluidsdruk op de viool bedraagt 40dBA, de luidste ff-toon, ca 94dBA.

Cfr. Olson, H., op.cit. p.231.

Het dynamisch bereik belooft dus 54dBA, wat overeenkomt met een sterkteverhouding van 1:500. Een dergelijke dynamische resolutie stemt overeen met 9 bits, lineair gebruikt, en -audioperceptorisch gezien relevanter-, 6 bits logaritmisch.

## LINKERHAND:

-de linkerhand houdt het instrument losjes vast en drukt met een of meer van de vier vingers op welbepaalde plaatsen op de snaren. Deze door de vingers uitgeoefende krachten zijn loodrecht gericht op de toets en minstens voldoende groot om deze snaren tegen de toets aan te drukken. Noemen we de krachtvektor gericht loodrecht op de toets  $x$ , en de vektor evenwijdig aan de snaren  $y$ , dan kunnen we zeggen dat krachten  $K_y$  in vrijheidsgraad  $y$ , waarbij  $K_x$  konstant blijft, verantwoordelijk zijn voor toonhoogtemodulatie. Muzikaal noemen we dit vibrato. Het is motorisch gezien een effect dat berust op een angulaire en in dit geval meestal periodieke verplaatsing tegenover een 'centraal' punt.

De plaats waarop de kracht  $KL_x$  gericht is bepaalt de voortgebrachte toonhoogte (tenminste, maar dat is een coördinatieprobleem, wanneer de rechterhand tegelijkertijd de overeenkomstige snaar aanstrijkt). Deze plaats kan de bespeler alleen bepalen hetzij door vizuele controle (kijken naar de vingers op de toets zoals beginners dat doen) hetzij, via een snel feedback-mechanisme waarbij het gehoor elke afwijking van de doel-toonhoogte via de plaats van de vinger corrigeert. Het is precies dit mechanisme dat van de viool zo'n 'moeilijk' instrument maakt. Dit mechanisme staat immers ver af van wat wij vanuit expressief motorisch standpunt gezien intuïtief zouden noemen.

Opmerking: deze analyse geldt uiteraard alleen het 'klassiek' gebruik van de viool en niet het veel vrijere gebruik dat ervan gemaakt wordt in o.m. de Indische muziek enerzijds en in heel wat hedendaagse experimentele muziek anderzijds.

Samengevat voor de viool geeft ons dit voor de motoriek volgende parameters:

## LINKS:

- absoluut positionele parameters  $KL_x$  : toonhoogteparameter
- angulaire parameters  $KL_y$  : toonhoogtemodulatie (vibrato)
- $KL_z$  : wordt niet gebruikt (tenzij voor het pizzicato met de linkerhand enzomeer...)

## RECHTS:

- $VR_x$  : boogsnelheid
- $KR_y$  : boogdruk
- Beide samen bepalen de omhullende van het geproduceerde geluid.
- angulaire parameter:  $KR_z$  , normaal niet gebruikt.

De komplekse kurve in de tijd van de motorische parameters  $VR_x$ ,  $KR_y$ ,  $KL_x$  bepalen de fundamentele traditionele spelmogelijkheden van de viool. Als we zouden aannemen dat de sonore differentiatiemogelijkheden die een instrument toelaat een maat is voor het potentieel ervan als expressie-werktuig, en dat dit potentieel aan uitdrukkingmogelijkheden een waardekraterium is voor het werktuig, dan zou hieruit

inderdaad blijken dat de viool een beter muzikaal werktuig is dan de trommel. Hoewel de 'normale' muzikus dit maar al te graag zal willen beamen, kunnen deze konjunktieven toch niet zomaar worden weggenomen. De expressiemogelijkheden van een instrument hangen immers ook en in hoge mate af, van wat aan mogelijkheden binnen een gegeven muziekkultuur gewaardeerd wordt. In andere culturen dan de Westerse, staat die viool nu eenmaal helemaal niet zo hoog in aanzien...

#### 1.1.1.3.2.3.: De Fluit

Een mechanische analyse van de motoriek bij het fluitspel is dan weer heel verschillend van beide vorige gevallen. Uiteraard heeft dit alles te maken met het feit dat de fluit veeleer een pneumatisch dan wel een mechanisch funktionerend instrument is. Het trillend lichaam is rechtstreeks een luchtkolom, waardoor het instrument direkter (ongemedieerder) als geluidsbron gebruikt kan worden. De speler heeft als het ware een rechtstreeks fysisch contact met de trillende lucht en dus met het opgewekte geluid. Zoals we dat deden voor de viool, moet ook voor een beknopte motorische analyse van de fluit een onderscheid worden gemaakt, nu niet tussen linker- en rechterhand (want de taken van de handen zijn evenwaardig ook al is er hier geen echte motorische symmetrie tussen de handen) maar wel, tussen het blazen enerzijds en de motoriek van de beide handen anderzijds:

##### BLAZEN:

Voor de toonproduktie rechtstreeks van belang zijn volgende parameters:

- de hoeveelheid lucht die per tijdseenheid verplaatst wordt en die op de rand van het mondstuk wordt geblazen (een volume uit te drukken in liter, of rekening houdend met de tijd, een debiet in l/s).

- de overdruk van die luchthoeveelheid voor de ontsnapping ervan door de mond (een druk, uit te drukken in  $N/m^2$ ). Deze overdruk wordt mede bepaald door de grootte van de opening gevormd door de lippen, door de spanning opgebouwd in de wangen, door de overdruk in de longen van de speler. Bij het spelen van blaasinstrumenten in het algemeen zijn praktisch gezien vooral de mondstand, meer bepaald de vorm van de musculair gekontroleerde lippen, en in mindere mate de wangspanning relevante motorische parameters. De overdruk in de longen wordt, anders dan bij het zingen het geval is, zelden of nooit rechtstreeks gebruikt.

Tenzij eventueel bij instrumenten waar de luchtstroom niet rechtstreeks wordt gebruikt, zoals bij doedelzakken en sommige instrumenten die van een windkap zijn voorzien, of waarbij de wangen ten volle als reservoir worden gebruikt, zoals bij de Indische



Shenai.

- de richting waarin de uittredende luchtstroom op de rand van het mondstukgat wordt gestuurd (de hoek tussen het instrument en de mondopening).

De geluidsparameters die door een telkens verschillende en fysisch uitermate komplekse combinatie in het samenspel van deze drie motorische parameters bepaald worden zijn in eerste plaats:

- het geluidsvolume (functie van debiet en druk),

- het volgnummer van de dominante boventoon in het spektrum van het instrument zoals het zich akoestisch gedraagt ingevolge de positie van de al dan niet geopende of gesloten vingergaten (functie van de druk, en dus in eerste plaats, motorisch gezien dan, van de lipspanning)

Deze boventoon behoort helemaal niet noodzakelijk tot de eenvoudige harmonische boventoonreeks, maar kan evenzeer een niet-harmonische boventoon zijn wanneer de speler bepaalde vorkgrepen toepast die het instrument verhinderen een harmonische trilling voort te brengen. Dit is het effect dat men met een engelse term meestal omschrijft als een 'multiphonic'.

- de toonhoogte afwijking tegenover de akoestische of 'theoretische' resonantiefrekwentie (functie van de lipspanning en de vorm van de opening gevormd door de lippen). Dit is vergelijkbaar met de frekwentiemodulatie (vibrato) op de viool, alleen wordt ze hier via de lipspieren bewerkstelligd.

Deze mogelijkheid om, afhankelijk van het type instrument en het register waarin gespeeld wordt, de voortgebrachte toonhoogte tot een kleine terts naar onder en circa een hele toon naar boven toe te 'buigen', berust waarschijnlijk op het feit dat de akoestische lengte van een blaasinstrument zoals de fluit, de hobo en de klarinet, niet overeenkomt met de optisch meetbare fysische lengte ervan. De eindcorrectie maakt dat het instrument akoestisch langer is dan het eruit ziet. De eindcorrectie is mede een functie van de akoestische afsluitimpedantie aan het uiteinde en bijgevolg ook van de vorm van de mondopening die zich vlak bij het aanblaasuiteinde (het mondstuk) bevindt.

- de beweging van de tong in de tijd bepaalt de artikulatie van de diverse geproduceerde geluiden.

De motoriek van het aanblazen van een dwarsfluit, omvat, samenvattend nauwelijks positionele parameters. Zij staat in motorisch opzicht relatief dicht bij die van het stemgebruik, zij het dan dat hier geen (of toch slechts sekondair) gebruik gemaakt wordt van mondholteresonantie en stembanden. Het aanblazen van de fluit is in eerste plaats bepaald door de blaaskracht (debiet en druk) en in tweede plaats door de angulaire afwijking van de luchtstroom ten opzichte van een 'normale' absolute positie van de mondopening tegenover

het mondstuk. Het gebruik van de lippen als modulator voor het geluid staat motorisch gezien niet ver af van datzelfde gebruik dat we van de lippen maken bij het spreken. Het wordt als relatief ongemedieerd en onmiddellijk ervaren.

#### HANDEN:

Van de handen -afgezien van het feit dat ze de fluit in haar speelpositie dienen te houden- worden eigenlijk alleen de vingers gebruikt. De plaatsing van de vingers tegenover het instrument is grosso modo konstant (afgezien van enkele kleine zijwaartse bewegingen nodig om bepaalde kleppen te bereiken). De kracht waarmee zij de kleppen indrukken of de toongaten afsluiten is van ondergeschikt belang, met dien verstande dat er een minimum kracht noodzakelijk is opdat de kleppen resp. gaten lek vrij afgesloten zouden worden bij het spelen. De grootte van die kracht beïnvloedt in genedele de voortgebrachte klank op de fluit. De snelheid waarmee de vingers de kleppen indrukken of de gaten afsluiten is ook niet echt een parameter bij het fluitspel. Zij bepaalt uiteraard wel hoe snel en soepel we zullen kunnen spelen, maar niet (althans niet vanaf een bepaalde vereiste minimumsnelheid) hoe het instrument zal klinken. Kortom de mechanika van het klep- en gat-mechanisme op de fluit gedraagt zich in wezen zuiver binair. Kleppen en gaten zijn of open of gesloten en daarin is nauwelijks een voor de klank relevante nuancering mogelijk.

Het is de binaire combinatie van de posities van de vingers die de mogelijkheid tot het doen klinken van een bepaalde toon bepaalt. Wat dit betreft is de fluit kombinatorisch-positioneel. Gezien het feit dat voor de bespeling van de fluit 9 vingers worden gebruikt, is de theoretisch maximale resolutie van de fluit wat betreft de manuele controle 9 bits. Beschouwen we echter alleen de vingerzettingen die klassiek gezien gebruikt worden, dan hebben we aan 6 bits ruim voldoende.

De toonhoogte van het geluid bij de fluit is dus deels positioneel bepaald door de vingers, deels, niet-positioneel door de lipspanning en de blaaskracht.

De andere aspecten van de klank zijn niet-positioneel.

#### RENDEMENT:

Volgens Harry Olson (op.cit.p.231), is de geluidsdruk van de zachtste normale fluittoon 44dBA en de sterkste fff-toon 86dB. Dit brengt het dynamisch bereik op 42dB, of een verhouding 1:128. Aangezien de kleinste dynamische resolutie van het oor alleszins groter is dan 1dB, betekent dit dat deze resolutie gehaald kan worden middels niet meer dan 7-bits lineair, of, 6-bits logaritmisch.

James Jeans in zijn eerder reeds geciteerde boek 'Science and Music' geeft als akoestisch vermogen voor de piccolo wanneer die fff speelt een waarde van 80mW. Dit komt overeen met een geluidsdruk van 109dBA.

Wanneer we ervan uitgaan dat het mechanisch vermogen dat daarvoor noodzakelijk is ongeveer in dezelfde grootteorde ligt (een preciese berekening zou ons hier te ver voeren) als dat het geval is voor een zanger, wat betreft het luchtdebiet maar dat de druk wel ongeveer vijfmaal hoger ligt, dan kunnen we dit mechanisch vermogen schatten op zo'n 0.6W.

Dit zou ons -voor de piccolo- dan een rendement opleveren met als grootteorde minstens 10%. Dit is het hoogste rendement wat we tot nog toe hebben ontmoet. Eigenlijk hoeft ons dat niet te verbazen, gezien de direktheid van de aerodynamische omzetting van de beide energievormen bij blaasinstrumenten.

Voor de gewone dwarsfluit komen we, uitgaande van een geluidsdruk van 87dBA, aan een akoestisch vermogen van 0.655mWatt, of een rendement van 0.1%. In dezelfde grootte-orde dus dan dit van de menselijke stem. Opgemerkt moet hier wel worden dat het rendement van de fluit aanzienlijk stijgt met de frekwentie van de geproduceerde toon.

#### 1.1.1.3.2.4.: De Piano

Meer dan bij de drie eerder beschouwde instrumenten, kan hier sprake zijn van een technisch gemedieerd instrument. Het lichaam raakt nergens en op geen enkel ogenblik van de normale bespeling de eigenlijke klankbron. De hamertjes die de snaren aanslaan worden immers via de toetsen en een behoorlijk ingewikkeld mechanisme van hefboomen bediend. De plaats van de botsing tussen hamer en snaar is daardoor absoluut star en konstant. Ook inzake dynamische differentiatiemogelijkheden is de pianist heel wat beperkter dan zijn kollega op de eerder besproken instrumenten. De dynamische resolutie van de piano wordt op zo'n 5 bits geraamd, d.w.z. maximaal zo'n 32 dynamische niveaus kunnen door de speler gehaald worden. Het is zelfs veiliger de dynamische resolutie van de piano op 4 bit te begroten.

Net zoals de trommel is de piano uit motorisch oogpunt beschouwd een symmetrisch instrument, ook al draagt de linkerhand zorg voor de lage tonen en de rechter voor de hoge. Deze 'mapping' van de toonhoogte op de lineaire positie is overigens cultureel bepaald en heeft bij de piano geen enkele fysische grondslag.

Bij een mechanisch-motorische analyse van het pianospel, kunnen we voor heel wat aspecten terugvallen op de uiteenzetting die we gaven voor de trommel. Ook hier is het mechanisch model dat van de botsing, zij het dat hier de botsing van de hand en de vingers gebeurt tegen de toetsen en niet rechtstreeks tegen de geluidsbron. Hierdoor is de piano motorisch gezien ook veel eenvoudiger dan de trommel. Er is immers slechts een enkele krachtvektor  $K_x$  van betekenis voor de geluidsproductie: de kracht en de snelheid gericht loodrecht op de toets.

Het aantal botsingen echter is hier uiteraard veel groter dan bij de trommel, aangezien we tien verschillende vingers op de toetsen kunnen laten botsen en dit met (in theorie althans) tien verschillende impulsen. Twee aan twee hebben telkens vijf vingers immers de massa van de bijhorende hand en voorarm gemeenschappelijk, wat de autonomie der impulsen uiteraard wat beperkter maakt. Ook zijn de impuls mogelijkheden van de verschillende vingers aan een hand zoals men weet niet dezelfde. Er is heel wat oefening voor nodig om deze natuurlijke en motorische ongelijkheden te compenseren.

Dat we voorts op een piano nog over enkele pedalen beschikken, een waarmee de klankkleur in enige mate kan worden beïnvloed (het una-corda pedaal) en het sostenuto-pedaal, waarmee alle dempers worden opgeheven en waarmee dus de globale enveloppe kan worden beïnvloed samen met de spektrale samenstelling van het voortgebrachte geluid, levert enkele extra mogelijkheden, die hoewel muzikaal van groot belang, hier, voor onze motorische analyse niet veel wezenlijks bijdragen. De pedalen gedragen zich grotendeels als binaire schakelaars. De erop uitgeoefende kracht is voor de klank niet van wezenlijke betekenis.

Samenvattend kunnen we de motorische parameters van het pianospel samenvatten als:

- zuiver konventioneel-positioneel: de toonhoogte, in zoveel stapjes controleerbaar als er toetsen zijn op het klavier. De enigszins onregelmatige schikking van de witte en zwarte toetsen maakt een taktiele bepaling van de positie mogelijk. De toetsen zijn gekleurd om een vizuele oriëntatie te vergemakkelijken.

De informatieve theoretische resolutie is hier eenvoudig af te leiden uit het aantal toetsen en vingers. Met een 7-bit getal komen we ruimschoots uit om per vinger (10 vingers, of 4 bits) de toets te bepalen. De totale bit-count voor de toonhoogte/samenstellings resolutie van de piano is dus hooguit 11 bits.

- de impulsen van de botsingen tussen vingers en toetsen bepalen de opgewekte geluidsterkte en de duur van de op de toetsen uitgeoefende kracht bepaalt de maximale duur van de klanken. Alleen het aanslagmoment en het stop-moment kan worden gecontroleerd, niet de gehele omhullende van de klank van elke toon afzonderlijk.

De impulsen zijn :

$KR_{x1}$   $KR_{x2}$   $KR_{x3}$   $KR_{x4}$   $KR_{x5}$  (rechts) en

$KL_{x1}$   $KL_{x2}$   $KL_{x3}$   $KL_{x4}$   $KL_{x5}$  (links)

## RENDEMENT:

James Jeans geeft als maximaal akoestische vermogen voor de piano 400mW op, terwijl hij het mechanisch vermogen dat om dit te bereiken nodig is vanwege de pianist schat op zo'n 200W. Omgerekend naar geproduceerd geluidsniveau, brengt ons dit op 116dBA. Het rendement van de piano kan hieruit geschat worden op niet meer dan ongeveer 2 promille of 0.2%.

De zachtste te produceren pianoklanken hebben een geluidsdruk van 60dBA, de hardste, 100dBA (Olson,H., op.cit.p.231). De dynamiek beslaat dus 40dbA, of een verhouding van 1:100, overeenkomend met 7-bit lineair of 6 bit logaritmisch.

## 1.1.1.3.2.5.: Vergelijking

Uit een vergelijking van deze vier instrumenten, o.i. zijn hiermee de belangrijkste instrument-types uit de westerse klassieke muziek representatief behandeld, valt op dat

- de piano het meest gemedieerde instrument is. Het is tevens ook in bouw-mechanisch opzicht het meest komplekse. Door de positionele manier waarop het bespeeld moet worden is het weinig 'direkt' en intuïtief. Het dient zich aan als eerder geoptimaliseerd voor het realiseren van een a priori bepaald muzikaal concept, onder meer omwille van de vaste en diskontinue organisatie van de toonhoogtes op het klavier. (Het stemmen van de piano behoort niet tot de normale bespeeling ervan). Alleen de dynamiek laat zich vanuit de bewegingsimpuls rechtstreeks beïnvloeden.

- de viool het meest problematische instrument is: de toonhoogte wordt positioneel bepaald en vergt een uitermate grote precisie. De noodzakelijke feedback maakt het instrument als werktuig weinig geschikt voor het exakt voortbrengen van diskontinu veranderende toonhoogten. De dynamiek en de toonkwaliteit laten zich binnen ruime grenzen en meerdimensioneel rechtstreeks vanuit de bewegingsimpuls beïnvloeden.

- de fluit is het meest efficiënte instrument. Als geluidsproducerend toestel heeft ze een relatief hoog rendement. De toonhoogte wordt op een hybride wijze gecontroleerd: deels positioneel en deels vanuit een energetische impuls (de luchtstoot is hier het equivalent van de beweging bij de vorige instrumenten). De dynamiek wordt vanuit de energie van de luchtstroom gestuurd. De klankkleur -binnen betrekkelijk kleine grenzen- eveneens.

- de trommel is het instrument met de geringste differentiatiemogelijkheden. Anderzijds zijn bij de trommel eigenlijk alle geluidsparemeters afhankelijk van diverse aspecten van de bewegingsimpuls. De trommel dient zich dan ook aan als gemakkelijk bespeelbaar en goed hanteerbaar als expressie-werktuig.

Een element dat niet blijkt uit deze vergelijkingen, is dat alle hier vermelde instrumenten, de temporele structuur van de geluidsproduktie intact laten. Voor alle instrumenten geldt dit als een eis voor de bespeelbaarheid ervan. Alleen bij het pijporgel zijn er -in sommige gevallen- wat dit betreft afwijkingen (een tijdsverschil tussen het indrukken van toetsen en het klinken van de toon). Niet-synchroniciteit wordt beschouwd als een belangrijk gebrek van een instrument. Bij vele van de allernieuwste in software gedefinieerde instrumenten, stelt zich het probleem van de temporele structuur terdege, zoals we verder nog zullen zien en toelichten. Afgezien van het orgel -waarbij het een gebrek is- komt non-synchroniciteit in akoestische instrumenten eigenlijk alleen voor bij speelautomaten...

## 1.1.1.4.- Teoretische eisen van het geïdealiseerde muziekinstrument

*We gebruiken hier eerder de term geïdealiseerd dan ideaal om daarmee aan te duiden dat zoiets als een ideaal instrument niet anders dan als een denkbaarheid kan bestaan.*

Een eerste bekommernis bij het bouwen en ontwerpen van een muzikaal werktuig waaraan we de eis zouden stellen dat het zo direkt mogelijk zou aansluiten bij de potentiële expressieve betekenis van de menselijke motoriek, moet zijn dat de geluidsproduktie in zoveel mogelijk van haar aspecten of perceptorische parameters, een functie moet zijn van de fysische componenten van die motoriek.

Wat deze fysische componenten zijn volgt in een eerste benadering heel eenvoudig uit de wetten van de klassieke mechanika. In de mechanika wordt energie berekend als het produkt van snelheid en massa.

$$E = v * m$$

De eenheid is dan ook de kgm/s.

Komponenten van een lichaamsbeweging die drager kunnen zijn van expressieve betekenis zijn, in mechanische termen uitgedrukt:

- de duur van de beweging (s)
- de snelheid v van de beweging (m/s)
- de versnelling a van de beweging (m/s<sup>2</sup>)
- de kracht K (Newton)
- de massahoeveelheid die bij de beweging betrokken is. (kilogram)
- de afgelegde weg van de beweging (het traject of de baan van de beweging) (3-dimensioneel in m)  
(neem de beweging als centrum van het coördinatenstelsel)

In een tweede en meer diepgaande benadering, moet verder doorgedrongen worden naar de psychologische beleving van die motoriek en de parameters daarvan. Deze worden niet noodzakelijk gedekt door overeenkomstige zuiver mechanische parameters. Zonder in subjektivisme te vervallen zal wel duidelijk zijn dat bepaalde bewegingen meer lichamelijke spanningen met zich brengen dan andere, terwijl die met bvb. de objektief ermee gepaard gaande kracht niet direkt veel te maken hoeft te hebben. Immers, de uiterste grenzen van elke beweging en/of kracht, zijn steeds verbonden met de ervaring van pijn.

Ook voor de bepaling van wat die muzikale parameters zijn, kunnen we ons wellicht niet langer houden aan wat men daar vroeger over dacht. In het jargon van de serialisten immers waren dit:

- toonhoogte
- duur
- klankkleur
- plaats
- luidheid

Dit komt zowat overeen met de fysische parameters van de motoriek zoals we die hierboven opsomden. Hoewel, strikt fysisch gesproken hebben we eigenlijk slechts:

- tijd ( s)
- amplitude (luchtdruk in Pascal)
- plaats (polaire coördinaten, rad.)

Sedert een tiental jaren gaan stemmen die opkomen voor een minder fysisch en atomair gerichte bepaling van de muzikale parameters echter steeds luider klinken. Dit heeft onder meer veel te maken met het failliet van de experimenten om louter vanuit deze fysieke parameters tot werkelijke relevante muzikale produkties of prestaties te komen.

*Dit vormt zowat de belangrijkste stelling in de doktrale dissertatie van Marc Leman, 1992, "Een Model van Toonsemantiek".*

Analoog aan wat we stelden m.b.t. de motoriek, dient ook hier in eerste plaats uitgegaan te worden van de perceptorische en psychologische muzikale parameters, en die blijken volgens talloze onderzoeken, sterk van de fysieke te verschillen. Wellicht is -en dit gezichtspunt vormde een belangrijke bron van inspiratie voor vele van onze instrumentenbouw projekten- er een morfologische korrelatie tussen het motorisch 'gebaar' ('le geste') en de muzikale perceptorische parameters.

*Hoewel we dit aspekt hier niet gaan uitwerken, verwijzen we wel naar een voor ons zeer inspirerende bron, nml. de Australische muzikoloog Manfred CLYNES die hieromtrent veel onderzoek verrichtte en die we in zijn laboratorium opzochten. We hadden met hem uitvoerige gesprekken met betrekking tot de orientatie van ons hier voorgelegde onderzoek.*

Cfr. CLYNES, Manfred "Sentic, The touch of the emotions", New York, 1978

Last but not least, zal bij de eisen te stellen aan een 'ideaal' muziekinstrument terdege rekening gehouden dienen te worden met de eis dat de resolutie van elk realistisch alternatief minstens die van de menselijke motoriek zal moeten dekken. Dit zou echter een studie van die intrinsieke mogelijkheden inhouden, iets waarvoor wij niet competent zijn.

Deze eis kan in eerste benadering echter gemilderd worden, door te eisen dat een alternatief minstens alvast eenzelfde resolutie zal dienen te hebben als een ander reeds bestaand en ingeburgerd muzikaal werktuig. Daarom hebben we hiervoor dan ook een grove analyse gegeven van een aantal traditionele speeltuigen.

Uitgedrukt in numerieke waarden kunnen we deze gemilderde eis dan samenvatten als:

- Geluidssterkte : 6-bit resolutie
- Toonhoogte : meer dan 7-bit resolutie tot hooguit 14-bit.

Wanneer we dit bekijken dan kwamen we tot de ons aanvankelijk verbazende vaststelling dat dit precies overeenkwam met de resoluties zoals die werden geïmplementeerd in de MIDI-standaard voor de besturing van elektronische muziekinstrumenten. In deze besturingsstandaard worden de parameters geluidssterkte en toonhoogte overgedragen als 7-bit getallen. De toonhoogte resolutie kan echter worden vergroot door gebruik te maken van zgn. *pitch-bend* bytes bestaande uit 2 7-bits getallen.

Toen we bij personen die bij het opstellen van die standaarden in Californie betrokken waren daarnaar informeerden,



bleek dat ook zij waren uitgegaan van een analyse van bestaande instrumenten en hun mogelijkheden. Onze verbazing sloeg om in het verheugende gevoel op het goede spoor te zijn beland.

Hierin ligt dan ook één van de redenen dat we bij onze voorstellen geformuleerd in hoofdstuk 3, aansluiting hebben gezocht bij wat in de MIDI-standaard werd geïmplementeerd.

Ook de vraag of het bij een ontwerp van een alternatief muziekinstrument in eerste plaats moet gaan om een werk-tuig dan wel om een speel-tuig, dient te worden gesteld. Hierbij hebben we duidelijk gekozen voor het tweede, hierbij aansluitend bij een opvatting van de mens als Homo Ludens. De mens die bevrijd van de meest primaire bekommernissen met betrekking tot zijn zelfbehoud en van de angst voor wat hij gebeurlijk buiten of boven zichzelf postuleert, gaat spelen.

### 1.1.2.: Parenteze:

Experimentele akoestische instrumentenbouw in de 20ste eeuw.

*Elke tijd en elke cultuur heeft voor het scheppen van haar specifieke muziek steeds specifieke aan die tijd en cultuur aangepaste instrumenten en technieken voortgebracht. Tot en met de renaissance zocht men vooral naar een zo groot mogelijke diversiteit qua klankkleuren in de instrumentenbouw. Of, negatief geformuleerd in het licht van de latere muziekgeschiedenis, men zocht klaarblijkelijk niet in eerste plaats naar een maksimalisatie van de timbrale versmelting der instrumenten. Elk instrument had ook een specifieke socio-muzikale functie: er waren instrumenten voor binnenhuis, voor speelmannen, voor dansmuziek, kerkmuziek, jacht enzomeer. Vanaf de barok ontstaat de neiging om deze diversiteit in te perken door instrumenten te bouwen in families, d.w.z. een reeks instrumenten verschillend naar toonumfang, maar naar klankkleur (en uiterlijke verschijning) zoveel mogelijk gelijkaardig. Dit culmineert in het classicisme tot wat we nu nog kennen als de klassieke instrumentengroepen in het orkest: de strijkers (de groep waarvoor het invoeren van klankkleurhomogeniteit het best was geslaagd, wat wellicht een van de redenen is waardoor deze groep hiërarchisch de hoogste plaats in het orkest ging bekleden), de houtblazers (fluiten, hobo's, klarinetten, fagotten), de koperblazers (trompet, trombone, tuba, hoorn) en in de rangorde op de allerlaagste plaats, het slagwerk (pauken en cymbalen), dat zich door de aard van de klankopwekking helemaal niet liet inpassen in die denkschemas.*

*De romantiek hield vast aan deze middelen en afgezien van het uitbreiden van de toonumfang der instrumenten en van de louter numerieke aangroei van het orkest, kwamen er in de 'ernstige muziek' geen grote timbrale nieuwigheden. Timbraal werk werd geleverd met de bestaande middelen: de orkestratie. De militaire muziek verkreeg zijn saxofoons en voor het vermaak van de volksmassas deed de akkordeon zijn intrede.*

*In de twintigste eeuw zien we dat hoe langer hoe minder van de eigentijdse muziekproductie een beroep doet op de logge overgeleverde klassieke orkesten. Er wordt veel muziek gemaakt voor en met telkens wisselende kleine combinaties van bestaande instrumenten. Weinigen durven echter, mede als gevolg van de toegenomen specialisatie, aan dit instrumentarium zelf veranderingen aanbrengen. Muziekmakers werden ingeperkt tot komponisten en kwamen alsmaar verder af te staan van de instrumentenbouwers, die ofwel hun bedrijvigheden industrializeerden (piano-bouw, koper- en houtblaasinstrumenten), ofwel reduceerden tot een*

historizerend ambacht (vioolbouw). De middelen voor de produktie van muziek zijn grotendeels in handen gekomen van mensen en groepen die niets te maken hebben met de produktie van een eigentijdse muziekkultuur, en bleven dan ook in een historische fase steken, als ware hier een eindpunt bereikt. Er is nauwelijks zoiets als een twintigste eeuwse instrumentenbouwer die ook werkelijk slechts nieuwe instrumenten bouwt.

In de ontspanningsmuziek daarentegen werd de rol van de ouwbollige akkordeon overgenomen door een wellicht nog simplistischer instrument, waarvan het geluidsvolume bovendien onafhankelijk was van de fysieke inspanning van de bespeler, namelijk de elektrische gitaar.

Wanneer we echter iets nauwgezetter toekijken op de gebeurtenissen in deze eeuw dan valt er toch wel hier en daar een opflakking van eigentijdse creativiteit op het vlak van de akoestische instrumentenbouw te bespeuren. De eersten die het verband tussen een eigentijdse muziek en de nood aan het ontwikkelen van daartoe geschikte en specifieke instrumenten hebben ingezien, waren zonder twijfel de futuristen. In de eerste plaats dan Luigi Russolo, die een heel orkest samenstelde uit allerhande akoestische geluidenmachines, waarin vooral ruisklanken sterk vertegenwoordigd waren. Geen van deze vindingen werd ooit veralgemeend, maar binnen de werkelijke avant-garde werd voortgedacht en gewerkt. In die lijn moet ook het later werk van o.m. Harry Partch, John Cage en Mauricio Kagel worden gezien. Niet toevallig, vooral werk op het gebied van akoestische slaginstrumenten, hoewel Partch ook enkele snaarinstrumenten ontwierp.

Op een laag pitje ging dit zoeken naar nieuwe zuiver akoestische middelen door, om echter welhaast compleet te bevriezen tussen 1955 en 1965. Een van de oorzaken van deze -tijdelijke- stilstand was het feit dat velen binnen de muzikale avant-garde, plots licht waren gaan zien in een technische innovatie van deze eeuw, namelijk de elektronische klankopwekking. Nog voor de tweede wereldoorlog kwamen zo de Theremin, de Ondes Martenot, het Trautonium enz... tot ontwikkeling. Een echte muzikale carrière bleek er echter niet voor te zijn weggelegd.

Na de oorlog had vooral de in Duitsland gesitueerde avant-garde al haar hoop gesteld op de elektronische middelen, om langs die weg te komen tot een volkomen synteze van alle mogelijk denkbare klanken. Jaren werd daar intensief aan gewerkt en de technologie verbeterd. Donald Buchla en Robert Moog brachten in nauwe samenwerking met avant-garde musici, hun synthesizers tot ontwikkeling. De technologie nam een hoge vlucht, maar de meeste avant-gardisten bleven ontevreden en onvoldaan met de bereikte resultaten. Het bewustzijn groeide dat zelfs een tot het uiterste doorgedreven technische kompleksiteit niet vermocht het typisch banaal-elektronische van de klankresultaten te overstijgen. Het banaal aspekt van de ontstane nieuwe instrumenten, synthesizers, maakte hen echter bij uitstek geschikt voor popmuziek. De producenten gingen brood zien in die markt, voorzagen hun produkten van klavieren en effecten en ontdeden ze van elke mogelijke verwijzing naar klankexperiment. Het brood kwam wel op de plank, maar de 'ernstige' elektronische muziek zat (en zit nog steeds) diep in het slop.

Vanuit dit perspektief van opgelopen ontgoochelingen, dient het heropnemen van de draad van de akoestische instrumentenbouw rond 1965 door kleine groepjes musici te worden begrepen. Die akoestische middelen immers waren in staat een onmiddellijk contact tussen muzikus en instrument te garanderen en het voortgebrachte klankresultaat bleek oneindig meer variatie en differentiatie in te sluiten dan ooit elektronisch werd verwezenlijkt.

Het zoeken ging in die jaren vooral naar het samenstellen van een instrumentarium dat onmiddellijke verwezenlijking toeliet van wat men tot uitdrukking wilde brengen. De muzikale orientatie ging vooral naar vrije improvisatie toe. Men poogde instrumenten zò te bouwen dat ze maximaal aan de speler waren aangepast, zo dat het niet langer 'vreemde voorwerpen' waren. Zo dat elke uitvoerder op grond van het persoonlijk samengestelde

instrumentarium, een uitgesproken persoonlijk arsenaal aan klanken ter beschikking kreeg. Zò ook, dat men er met een minimum aan technisch-instrumentale kennis een maksimum aantal expressieve mogelijkheden mee ter beschikking kon krijgen. Een der belangrijkste verschilpunten met vroegere gelijkaardige trends, is hier wel dat bewust afgezien werd van het zoeken naar een 'ideaal' instrument, maar dat integendeel de bedoeling voorstond, dat elkeen voor zichzelf zijn eigen, aan hemzelf aangepaste middelen voor klankexpressie zou uitbouwen. De experimentele musicus die zich in deze richting engageerde werd een homo faber. Muziekhistorisch valt deze stroming te situeren tussen 1965 en 1985. Na 1985 is er duidelijke terugval van de belangstelling voor vrije improvisatie waar te nemen, en zeker, voor de experimentele akoestische instrumentenbouw.

Typische muzikmakers die dit illustreren in hun werk zijn Hugh Davies, Barry Leigh, Tom Nunn, David Toop, Paul Burwell...

### 1.1.3.: Parenteze:

#### Elektro-instrumentale muziek

Sinds de ontdekking van het verschijnsel elektriciteit hebben musici getracht dit tijd-gebonden verschijnsel in de muziek te betrekken. De meeste van die heel oude experimenten wekken thans hooguit onze lachlust op, zoals het 'clavecin a étincelles de feu'. De eerste toepassing op grote schaal, die thans nog steeds gebruikelijk is, vinden we terug in het orgel, waar nu elektro-pneumatische ventielen de pijpen in- en uitschakelen en waar de blaasbalg door een elektromotor werd vervangen. Voor de muziek was dit op het eerste gezicht niet zo doorslaggevend, maar het belang ervan schuilt veeleer in het feit dat dit klinkend eindresultaat nu niet langer afhankelijk was van fysieke menselijke inspanningen. Enorme luchtvolumes, grootse crescendo's, sterke stil-luid contrasten, tonen die in principe onbeperkt lang konden worden aangehouden, waren plots mogelijk geworden. Waar de musicus de kracht niet meer kon opbrengen voor zijn eigen expressieve kreet, kan hij nu de machine laten schreeuwen in zijn plaats.

Pneumatische speelautomaten deden hun intrede. De machine bleek ook tot algehele reproductie in staat. Maar, eerst met de opkomst van de elektronika, gaat deze nieuwe technologie het karakter van het muziekleven onomkeerbaar en werkelijk ingrijpend bepalen. Elektriciteit wordt nu niet langer uitsluitend aangewend om de instrumenten te bedienen en van energie te voorzien (de gangbare instrumenten zelf waren immers zuiver akoestisch) maar wordt nu zelf, direkt, tot muziek verheven. Elke wisselspanning waarvan de frekwentie maar beneden de 20.000 trillingen per seconde ligt, blijkt, aan een luidspreker aangelegd, een 'zuivere' toon voort te brengen. Dergelijke wisselspanningen genereren bleek algauw een koud kunstje te zijn zodat in een mum van tijd elektronische orgels werden geproduceerd waarin alle pijpen vervangen werden door zulke wisselspanningsgeneratortjes gekoppeld aan een luidspreker. Bovendien was hier voor het eerst een mogelijkheid geschapen om zonder menselijke inspanningen klanken te produceren van eender welke luidheid: de geluidsversterker doet zijn intrede.

De geluidsterkte van de muziek wordt nu niet langer alleen maar met technische middelen opgeschroefd waar de menselijke fysiek gaat falen, maar wordt nu volkomen onafhankelijk van de motorische expressieve kracht van de klankproducerende mens. De techniek bepaalt de luidheid van de muziek, zoals zij ook de luidheid van de omgeving bepaalt. De luidheid van de techniek omdat zij niets tot uitdrukking brengt is ruis, en zo wordt ook de muziek meer en meer tot ruis.

De mogelijkheid tot onbeperkte versterking heeft geenszins de informatieve en kommunikatief-expressieve waarde van de muziek doen toenemen,

integendeel zelfs, zij heeft veeleer de redundantie en het ruisniveau doen groeien. De leegte werd versterkt en de versterking werd tot agressie. De techniek heeft de stilte naar het erewon verbannen. De stilte naar de onmenselijkheid verwezen. Waar in het gebied van het vizuele, het wit vlak in het land der zwarte potloden de vrijheid betekent, is er in het auditieve geen wereld van witte potloden denkbaar. Geluid kan niet van geluid worden afgetrokken en het toenemende ruisen verwijst dan ook naar niets minder dan de gestaag afnemende vrijheid. De natuurlijke omgeving van de muziek is de techniek geworden en de muziek wordt dan ook gedwongen om van deze techniek gebruik te maken om zichzelf vaak tegen deze techniek in, in stand te houden. In het uiterste geval versmelten beide volkomen. De muziek houdt op te bestaan.

De introductie van de elektronische klankgenerator heeft de muziek bovendien verarmd. Een periodieke elektronische klankgenerator immers is principieel een één-dimensioneel trillend systeem; één-dimensioneel omdat slechts één enkele veranderlijke -de waarde van een elektrische spanning op een bepaald ogenblik- erbij in het spel is. Een akoestische klankbron daarentegen is noodzakelijkerwijze minstens een drie-dimensioneel systeem dat wanneer het tot klinken wordt gebracht (een uit zijn evenwichtstoestand brengen van een elastisch objekt) minstens drie dialektisch interactieve veranderlijken, drie vrijheidsgraden van trilling, vertoont. Een voorbeeld moge dit verduidelijken.

Een balkvormig stuk hout, een xylofoonstaaf bijvoorbeeld, aangeslagen in het midden, brengt een klank voort waarvan de eigenschappen het resultaat zijn van dynamische interactie tussen de eigen frekwenties en spektra van zowel lengte, breedte als dikte van de staaf. Of, beschouwen we een snaar: de klassieke vereenvoudigde voorstelling wil, dat de snaar over en weer beweegt in haar volle lengte, als volgt dus:



Op minstens twee facetten is hier vereenvoudigd: ten eerste blijkt in de praktijk de lengte van een trillende snaar geen konstante te zijn, maar is zij onderhevig aan doorlopende lengteveranderingen, een longitudinale trilling dus:



Ten tweede, treedt in een mate afhankelijk van de wijze waarop de snaar tot trillen wordt gebracht, ook een torserende trilling op, waardoor de elasticiteit van de snaar -zomin trouwens als haar dikte- ook al niet als een konstante kan worden beschouwd.

diktetrilling



torsietrilling



In deze beschouwing zien we dan nog af van verdergaande komplikaties, zoals de eigenschappen van de resonator (klankkast) en de ruimteakoestiek die al evenzeer terugwerken op de manier waarop onze 'eenvoudige' snaar trilt. Evenzeer zagen we hier af van de komplikaties voortkomende uit het feit dat er een interactieve wisselwerking optreedt tussen het voorwerp waarmee de snaar uit evenwicht wordt gebracht en de trilling van de snaar als gevolg van de botsing...

Sedert meerdere decennia reeds, heeft men getracht deze kompleksiteit

elektronisch te simuleren. Simulatie is hier de enige goede term, omdat zelfs de meest geraffineerde computergestuurde apparatuur er niet in slaagt klanken te genereren die qua rijkdom met akoestische geluiden kunnen concurreren. Dit komt omdat het voor fysieke objecten typische drie-dimensioneel en interaktieel trillen, met één-dimensionele elektronische generatoren, ook niet als vele daarvan gemengd worden gebruikt (optelling van één-dimensionele trillingen kan nooit het equivalent van interaktieel N-dimensionele trilling bereiken), nooit kan worden bereikt. Ten overstaan van akoestisch geluid, is de elektronische klank dan ook steeds een karikatuur. Een karikatuur die, voor zover zij zich aan akoestische klank relateert, intrinsiek naar de kitsch moet neigen. Een van de redenen hiervoor is dat, zoals hoger gesteld, elektronische generatoren één-dimensioneel zijn en dat men steeds poogt de in de akoestische realiteit optredende complicaties te benaderen door hen als 'toevalsmatig' of hooguit 'stochastisch' te beschouwen en te regenereren.

De mogelijkheden en de problemen verbonden aan het gebruik van samplers laten we hier volledig buiten beschouwing.

De spanningen tussen (akoestische) werkelijkheid en het theoretisch model ervan, worden aan het toeval toegeschreven, het toeval dat irrationeel, structuurloos, onvoorspelbaar heet te zijn.

Daar waar vanuit kritische epistemologische analyse de klassieke audioperceptietheorie als gefalsifieerd verworpen zou dienen te worden, op grond van de enorme spanningen tussen model en werkelijkheid, op grond van het mislukken van alle op het model gesteunde simulaties die thans niet langer kunnen worden geweten aan falende of deficiënte apparatuur, wordt hier de theorie tot dogma verheven en de werkelijkheid ervan beschuldigd, irrationeel, onbetrouwbaar, gevaarlijk te zijn. Een gevaarlijke denkwijze.

De elektronische muziek - een overigens erg verwarrende term die nu eens stilistisch dan weer technisch wordt opgevat - is per definitie gesteund op voornoemde paradigma's en simulaties. Nu is er op zichzelf genomen natuurlijk niet de minste reden om elektronisch voortgebracht één-dimensioneel geluid van de muziek uit te sluiten, wel integendeel, paradoxaal genoeg.

Door het feit dat dit medium ergens karikaturaal is en een enorme simplificatie betekent, leent het er zich bij uitstek toe te worden benut op die plaatsen waar men als komponist of muzikmaker het materiaal volledig wenst te controleren. Evenzo kan men door de grote duidelijkheid en eenvoud van het elektronisch medium, zijn muzikale boodschap duidelijk en tot een bepaalde essentie teruggebracht (mits die in het medium realiseerbaar is) overbrengen. Indien een muzikale kompositie bijvoorbeeld alleen de aspecten toonhoogte, tijdsduur en luidheid tot onderwerp van vormgeving zou nemen, dan leent het elektronische medium zich bij uitstek, net zoals bepaalde types schilderijen zich best laten realiseren door uitsluitend gebruik te maken van fluorescente kleuren, recht uit de verfpotten.

De vergissing waartegen wij ons hier dan ook in de eerste plaats afzetten, is die als zou met de opkomst van de elektronische generatie, het rijk der vrijheid in de muziek voor ons ontsloten zijn. Elektronische muziek opent inderdaad een reeks nieuwe mogelijkheden, maar dit zijn mogelijkheden tot vereenvoudiging, tot karikatuur. Zolang aan de een-dimensionaliteit van de generatie niet wordt gesleuteld - het werk daaraan is vandaag nochtans vrij intensief - kan ook hierin geen verandering worden verwacht. Ons scepticisme jegens dit medium is dan ook geenszins op te vatten als anti-technologisch, integendeel zelfs. We zouden maar al te graag kunnen beschikken over elektronische apparatuur die ons in staat zou stellen met n-dimensionele en beheersbare geluiden veel vèrder te gaan dan wat nu akoestisch mogelijk is.

Inmiddels zien we dat de hedendaagse muzieksceen op deze problematiek - die er, mede door haar nogal technisch karakter, evenwel zelden zo expliciet aan de orde wordt gesteld - uiterst ambivalent reageert.

In studio-elektronische muziek is nauwelijks nog iemand, afgezien dan van de producent zelf, echt geïnteresseerd. Een heel groot aantal studios sloot overigens in de loop van de jaren '80 de deuren. Dit niet alleen omwille van de teruglopende belangstelling in het medium, maar ook omwille van de overbodigheid van de elektronische studio als een kollektieve voorziening. De toestellen zijn vandaag immers zo goedkoop en algemeen beschikbaar geworden, dat diegenen die er belangstelling voor hebben, ze persoonlijk aankopen.

De live-elektronika anderzijds kan, door de mystifikatie die achter de vele knopjes en komputers schuil kan gaan, voorlopig nog wel enkelen begeistere. Vooral wanneer ze wordt ingeschakeld in pop-muziek waar ze als intrinsieke simplifikatie eigenlijk ook uitermate op haar plaats is. Vele binnen een werkelijk eigentijds jargon werkende musici schaffen zich anderzijds thans ook wat toestellen aan om er veelal tamelijk ontgoocheld na enige tijd weer afstand van te nemen. Het feit dat voor een werkelijk creatief gebruik van deze apparatuur nogal wat technische studie nodig is, zal daar ook wel een en ander mee te maken hebben.

Waar nog wel timbraal creatief werk wordt geleverd is in het gebied van de gemengde elektro-instrumentale muziek, waar dus akoestisch geluid met elektronisch geluid samen wordt benut. Dergelijke combinatie is al vaker effectief en zinnig gebleken, omdat het een dimensie aan het gekombineerd eindresultaat kan toevoegen. De combinatie kan in de praktijk twee vormen aannemen, enerzijds die waarbij een akoestisch koncerteren gepaard gaat met een simultaan afgespeeld elektronisch gegenereerde opname -muziek voor tape en instrumenten-, anderzijds die waarbij naast het akoestisch koncerteren, ook elektronische apparatuur live wordt bediend, al dan niet aan elkaar door modulatie en transformatie gekoppeld. Vandaag werden in deze sektor de vroegere analoge tapes bijna geheel vervangen door in real-time werkende komputers.

Ook in het gebied van de elektrische en elektronische sturing van in wezen akoestische klankbronnen maken we de laatste jaren weer een grote bedrijvigheid mee, aanvankelijk vooral dan onder de vorm van klankskulpturen en muziekautomaten, maar de laatste jaren -door de grotere technische mogelijkheden- ook in verband met algemeen bruikbare instrumenten.

Wat de louter elektronisch apparatieve kant betreft, zijn het eigenlijk vaak de 'fouten' die bij elektronische muziekgeneratie optreden die haar nog enigszins verdraaglijk, en soms zelfs oprecht boeiend maken. Fouten in die zin dan, dat een elektronisch muzieksysteem natuurlijk nooit helemaal één-dimensioneel kan zijn, al was het maar omdat het uiteindelijk klinkend resultaat nog steeds en noodgedwongen afkomstig is van een trillend stuk konisch gebogen karton. De luidspreker met name, al bij al een zuiver fysisch drie-dimensioneel objekt, hoezeer men ook poogt de eigen inbreng hiervan te minimaliseren. Daarnaast zijn er dan nog talloze 'fouten', zoals het niet-lineair gedrag van apparatuur bij in- en uitschakeling, bij storing, oversturing en dergelijke meer.

Tallos zijn dan ook de komponisten en muzikmakers die in hun elektronisch werk uitgaan van een soort haat-liefde verhouding tot het medium, en elke toevallig optredende storing of fout, als welgekomen verrassing in het stuk of eindresultaat integreren. Of nog, de vele musici die steeds weer de apparatuur daar inzetten, waar ze het eigenlijk niet kan waarmaken; dit technisch falen, het optreden van sterke vervorming en low-fidelity, wordt dan tot onderwerp van hun muzikale bedrijvigheid. Enkele voorbeelden hiervan: John Cage, Warren Burt, Gordon Mumma, Darius Clynnes, Walter Giers, Ron Nagorcka, Michel Waisvisz... , en het geldt ten andere ook voor veel elektronisch werk van mezelf.

Dit fenomeen hoeft overigens niemand te verbazen, aangezien het tema eigenlijk terug is te brengen tot het mens versus intelligente machine konflikt zoals dat telkens weer in onze kultuur opduikt onder vormen zoals de

*Golem, de Homunkulus, Frankenstein, de robots, en meer recent, het beeld van de eigengereide komputer. De mens dus, die angst krijgt van zijn eigen artefakten; Wetend hoe beperkt ze zijn en om hun falen uiteindelijk blij is als een kind.*

## 1.2: Van Beweging naar Klank

### 1.2.1: Inleiding

Dat de mens wellicht nog voor er van instrumenten en muziek sprake was, middelen heeft gebruikt om zijn expressieve bewegingen met klank te aksentueren en te structureren in de tijd, betoogden we reeds sub 1.1.1.2. De beknopte historiek die we hier bij de bespreking van elke mogelijke technologische aanpak willen geven heeft echter geenszins de bedoeling om terug te gaan tot in het donkerste der tijden, maar wil aansluiten bij het stukje geschiedenis dat ons het best bekend is omdat het als het ware pas gisteren gebeurde en we het ons -bij wijze van spreken- nog kunnen herinneren. Meer precies, het behoort nog tot de mogelijkheden rechtstreekse getuigen te bevragen. We beperken ons dus tot de twintigste eeuw.

Het probleem waarmee we ons hier willen bezighouden is overigens ook eigenlijk precies het omgekeerde: we zoeken helemaal niet naar middelen om de beweging te ondersteunen, maar wel naar middelen die beweging gebruiken als direkt instrument voor het expressief hanteren van klank. Niet de beweging, maar de klank staat dus voorop. De beweging wordt instrumenteel voor de klank. Niet de klank voor de beweging. Kortom, met dans wil een en ander niets te maken hebben, en om dit in een slagzin uit te drukken, zouden we kunnen zeggen dat het ons niet te doen is om dansmuziek maar om muziekdans.

Gezien als artistiek expressiemiddel is dans tijd-ruimtelijk en wordt hij vizueel waargenomen: het gaat objektief om de expressief bewegende vormen en figuren van driedimensionele menselijke lichamen. In dit opzicht heeft ons beoogde onzichtbaar instrument dat via beweging bespeeld wordt, niets met dans te maken. In een ander, meer fundamenteel opzicht echter wel, omdat de motorische impuls die aan de dans ten grondslag ligt, voor een deel wezenlijk dezelfde is die ook de muziekbeoefening heeft voortgebracht. Hierbij wordt uitgegaan van dans en muziek vanuit het ervaren van respektievelijk de danser en de muzikus. Wanneer we dus zouden teruggaan tot de 'roots', dan kunnen we dans en muziek vanuit de optiek van de beoefenaar hier inderdaad niet echt zo absoluut onderscheiden.

1.2.2.- Onderzoek van de technologieën die ons in principe ter beschikking staan om een bewegingsinstrument te maken en hun recente geschiedenis.

Ter klassifikatie van de mogelijke technologieën zouden we heel wat verschillende kriteria kunnen aanwenden. We zouden bijvoorbeeld kunnen uitgaan van de manier waarop het uiteindelijke geluid wordt geproduceerd, een beetje verder bordurend op de systematische klassifikatie van de muziekinstrumenten in de organologie. Ook zouden we kunnen uitgaan van een louter technische klassifikatie, waarbij we dan elektrische, mechanische, pneumatische, optische... systemen zouden kunnen onderscheiden. Ook zouden we de systemen kunnen klasseren naargelang de muzikale mogelijkheden die ze bieden, op



grond dus van wat er aan klank door wordt voortgebracht, wat hun analyse evenwel zou vooropstellen...

Wij hebben gekozen voor een klassifikatie die in eerste instantie uitgaat van de wijze waarop de speler via beweging klanken kan controleren. Daarbij is het eerste onderscheidingskriterium dan gelegen in de vraag of het systeem een huidkontakt met het lichaam vooronderstelt of niet. De al dan niet mechanische koppeling aan het lichaam is dus het eerste kriterium: kontakt-systeem of kontaktloos systeem, of nog, impakt-systeem of non-impakt systeem. Pas in tweede instantie schakelen we dan over naar een louter objektief technisch kriterium. Heel strikt is de klassifikatie echter niet toe te passen, omdat ze er in sommige gevallen toe leidt dat heel kleine verschillen tussen twee projekten hen toch in totaal verschillende kategorien terecht doen komen naar gelang de bespelingswijze. Daarom hebben we de optische en radar systemen in eenzelfde kategorie samengebracht, ook wanneer bepaalde implementaties de hantering van een of ander fysisch objekt veronderstellen.

#### 1.2.2.1.- Kontakt systemen

Hierbij gaat het om mechanisch aan de beweging zelf gekoppelde systemen.

Als mechanisch gekoppeld zijn te beschouwen al die artefaktische systemen voor intentionele geluidsproduktie waarvoor een fysisch en mechanisch kontakt met het lichaam noodzakelijk is maar die niet door uitsluitend spierkracht met het lichaam zijn verbonden.

De viool is op grond van deze omschrijving dus geen bewegingsinstrument te noemen: wanneer we onze spieren lossen valt ze op de grond. Wél bewegingsinstrumenten zijn echter de enkelbellen zoals die gebruikt worden in de Indische Kathak en andere dansen.

Op het eerste gezicht lijken kontakt-systemen de meest voor de hand liggende mogelijkheid te bieden om informatie die in de motoriek vervat ligt om te zetten naar informatie in een akoestische vorm. We grijpen hierbij immers de beweging beet waar ze ook werkelijk plaatsgrijpt. Het zal echter blijken slechts mogelijk te zijn in de mate waarin het noodzakelijke lichaamskontakt de bewegingsvrijheid zelf niet teveel gaat beperken.

##### 1.2.2.1.1.- Direkt mechanisch gekoppelde systemen

Hieronder vallen dus de reeds genoemde en bijna steeds met dans verbonden, aan het lichaam of de kleding bevestigde instrumenten. Ook heel wat 'juwelen' hebben een bewuste geluidsproduktie op het oog. Het zijn vaak rammelaars of rolbellen. Muziekinstrumenten in de strikte zin zoals we die eerder vastlegden zijn het echter niet.

Uit het feit dat de historisch en ethnologisch bestaande voorbeelden niet direkt voor het rapen liggen mag echter niet besloten worden dan het niet mogelijk zou zijn, een werkelijk instrument te bouwen dat bespeelbaar zou zijn door loutere en 'vrije' lichaamsbeweging.

Een reeds meer 'gesofistikeerde' mogelijkheid bestaat in het maken van 'muzikale' kledij. Zelf ontwierpen we ooit eens een voetpomporgel, dat bestaat uit een schoeisel dat als blaasbalg werkt en door het lopen of stappen lucht pompt naar orgelpijpen die op de rug worden gedragen.

*Een beschrijving en 'partituur' is in de appendix opgenomen onder de hoofding 'Orgelmars'. Het betreft veeleer een 'event' dan wel een zuiver muzikale kompositie en het is bovendien niet gespeend van enige relativiserende humor.*

De mogelijkheden hiermee zijn zo beperkt dat niet van een instrument met ook maar enige claim tot algemenere bruikbaarheid sprake kan zijn, vooral ook omdat voor het scheppen van meer komplekse muzikale patronen meerdere spelers noodzakelijk zijn. Deze dienen dan altemeer te stappen/spelen, een beetje volgens het aloude hoketus principe.

Maar, ook in het werk van Mauricio Kagel, meer bepaald in zijn opus magnum, het 'Staatstheater', vinden we vele ontwerpen en voorstellen in deze richting. Ook deze zijn gekenmerkt door een onmiskenbare humor.

Mauricio KAGEL, 'Staatstheater' (1971), en daarin vooral het onderdeel 'Repertoire' bevat vele elementen in die zin. Ook in enkele vroegere werken zoals 'Acustica' (1970) en 'Antithese' (film, 1965) zitten er dergelijke elementen.

Muzikale kledij, een gegeven dat grotendeels onder deze katalogering valt, is iets wat historisch gezien wellicht thuishoort in het circus en variété teater. Rekening houdend met het feit dat de Italiaanse futuristen deze teatervorm als inspiratiebron gebruikten voor het opzetten van hun performances, -zoals later overigens ook de kunstenaars in de Dada-beweging- hoeft het ons dan ook niet te verwonderen dat we bij hen vele aanzetten in deze richting aantreffen.

GOLDBERG, Roselee "Performance, live art 1909 to the Present" ,p.9-48.

MARINETTI, Filippo Tommaso, "Le Music-Hall" (1913), in LISTA, G. "Futurisme", p. 249-255.

MARINETTI, Filippo Tommaso, "Le théâtre futuriste synthétique" (1915) in: G. LISTA "Futurisme", p.256-266.

De Amerikaanse fluxus kunstenaar Alison Knowles, maakte zich een reeks kledingsstukken vervaardigd uit eigenhandig handgeschept papier. Aan de papierbrei werd daarbij materiaal toegevoegd in functie van de tekstuur en het geluid dat het afgewerkte papier zou voortbrengen: bonen, zand, rijst... Dit werk, hoewel gericht op teatrale en sonore performance, hoort echter minder in de muziek dan wel in de plastische kunst thuis.

Alison KNOWLES, "More", 1979, "Gem Duck", 1977, "Natural Assemblages and the true crow", 1980.

Alison KNOWLES, concert van 17/06/86, Gent, Stichting Logos.

We kunnen er moeilijk onderuit te erkennen dat het gros van deze voorstellen en ontwerpen, hoewel niet negatief bedoeld, vanuit muzikaal oogpunt als klonnerien kunnen worden bestempeld. Het zijn kwazi nooit ernstig bedoelde voorstellen om tot een valabel bewegingsgestuurd muziekinstrument te komen. Bij die kunstenaars, waar het wel degelijk gaat om de extra controle die op de muziek kan verkregen worden via de mechanika van de beweging, zien we dat het systematisch slechts gaat om een element in een voor het overige traditioneel instrumentale kontekst.

Een recent en goed voorbeeld daarvan wordt gevormd door het muzikaal performance werk van de Canadese fagottiste en instrumentenbouwer Leslie Ross, die zich -uitgaande van de fagot en een hele reeks extenties van dit instrument- een heus muzikaal kledingsstuk bouwde, waarmee ze erin slaagt een zowel muzikaal als teatraal geloofwaardige performance op te bouwen.

Leslie ROSS, concert van 13/05/1992, Gent, Stichting Logos

Een ander recent voorbeeld vinden we in het werk van de Franse muziek- en instrumentenmaker Frédéric Le Junter, die een volledig 'kostuum' ineensak dat hem als een soort marionet ten tonele voert. Alle gewrichten zijn voorzien van kleine blaasbalgen die elk verschillende aërofonen tot klinken brengen.

Frédéric LE JUNTER, concert van 22/12/1992, Gent, Stichting Logos



Louter principieel kunnen we stellen dat elk mechanisch systeem in meer of mindere mate voor de beweging hinderlijk is. De bewegingsvrijheid is door het mechanisch contact bij voorbaat gekompromiteerd.

## 1.2.2.1.1.2.: - Aërodynamische systemen

Aërodynamische systemen noemen we hier al die systemen waarin gebruik zou worden gemaakt van de luchtverplaatsing die een lichaam in beweging veroorzaakt, als motor voor een of andere vorm van geluidsofwekking. Bij ons onderzoek zijn we van enig praktisch gebruik van deze mogelijkheid, geen toepassingen tegengekomen. Wat niet betekent dat het toch niet te maken zou zijn, noch dat er niet toch ergens een of ander voorbeeld van te vinden zou zijn.

Het eerste probleem is natuurlijk dat de luchtverplaatsing die met onze bewegingen gepaard gaat, eigenlijk betrekkelijk klein is. Niettemin bestaan er akoestische geluidsofwekkingsprincipes die aan een heel kleine luchtverplaatsing voldoende hebben om een klank voort te brengen.

Instrumenten gebaseerd op het eenvoudige principe van de kaviteitsresonator bijvoorbeeld kunnen gemakkelijk worden gebouwd voor uiterst lage luchtdruk. Dit type akoestische klankgenerator bestaat uit twee holle of bolle platen die tegen elkaar worden bevestigd en concentrisch geperforeerd zijn. Het is het type generator dat de meeste mensen wel kennen van de fluitketel, hoewel sommige fluitketels ook wel van het principe van de kernspleetfluit gebruik maken. De voortgebrachte toonhoogte is een functie van het volume ingesloten lucht in de resonator en van de diameter van de opening. De toon kan worden voortgebracht door eenvoudigweg met het instrument te zwaaien. Het kan ook aan armen, ellebogen en voeten worden bevestigd. Erg veelzijdig kan het evenwel niet worden genoemd.

Louter volledigheidshalve wijzen we nog op de mogelijkheid de luchtverplaatsing een effect te laten hebben op op korte afstand opgestelde en uiterst gevoelige 'instrumenten'. Hugh Davies zagen we er wel eens okkazineel gebruik van maken. De noodzakelijke afstand tot het te bewegen instrument is hier echter zodanig klein, dat er van enige vrijheid van beweging toch niet echt sprake kan zijn.

Hugh DAVIES, concert van 04/02/1984, in de concertstudio van Stichting Logos te Gent.

Verder kunnen we nog wijzen op het mogelijk gebruik van Kynar-film als piezoelektrische flexibele transducer voor het registreren van de luchtverplaatsing. Bij dergelijke toepassingen is dan uiteraard wel elektrische versterking essentieel. Heel streng genomen horen deze laatst vermelde mogelijkheden thuis onder 1.2.2.2., aangezien er in strikte zin geen contact is, behalve voor deze Kynar-film oplossing, waarbij een verbinding tussen lichaam en aangesloten apparatuur nodig is, die echter wel draadloos kan worden gemaakt door een (radio- of infrarood-) zender te gebruiken.

### 1.2.2.1.2.- Indirekt mechanisch gekoppelde systemen

Als indirect mechanisch gekoppeld systeem beschouwen we al die constructies waarbij elementen van de menselijke beweging mechanisch worden overgedragen op een ander medium, en dan via verdere bewerking of transformatie, omgezet in relevante muzikale parameters. Belangrijk hierbij blijft dus de noodzakelijkheid van een fysiek contact met het bewegende lichaam. De mate van hinderlijkheid kan hier echter in grote mate beperkt worden, omdat niet de energie van de beweging zelf voor de klankopwekking wordt gebruikt, doch slechts de informatie ervan.

#### 1.2.2.1.2.1- Schakelaars - Binaire elementen

De eenvoudigste ontwerpen die in deze richting gaan, maken gebruik van schakelaars. Als schakelaar in toepassingen in contact met het lichaam komen vooral volgende types in aanmerking:

- *microswitch*
- kwikschakelaar
- *Hall-effect switch*
- *reed-switch*

*Het is in Nederlandse technische literatuur algemeen gangbaar deze componenten met hun Engelse benaming aan te duiden. Letterlijke vertalingen zoals 'kleine schakelaar', 'riet-schakelaar', begrijpt geen enkel technicus. De Hall-effect switch is bovendien genoemd naar de uitvinder ervan.*

Zoals men weet is een schakelaar een zuiver binaire gegevensverwervende transducer. Hij levert één enkel bit informatie. Deze informatie, afhankelijk van waar de schakelaar op het lichaam wordt aangebracht kan slaan op een positie van een lidmaat ten opzichte van een ander deel van het lichaam, of op een positie van een lichaamsdeel ten opzichte van de bodem. Voor de eerste mogelijkheid zijn 'microswitches' het meest aangewezen, terwijl voor de tweede mogelijkheid in eerste plaats aan kwikschakelaars gedacht moet worden.

Reed schakelaars of Hall-effect schakelaars, in combinatie met miniatuur magneetjes, kunnen worden gebruikt om elkaar rakende lichaamsdelen te detekteren: bijvoorbeeld de toestand van openheid of geslotenheid van de hand, de detektie van gestrektheid of samengetrokkenheid van armen of benen afzonderlijk of onderling.

Schakelaars kunnen ook gekombineerd worden tot matrixen, waarmee een lichaamsvlak kan worden afgetast.

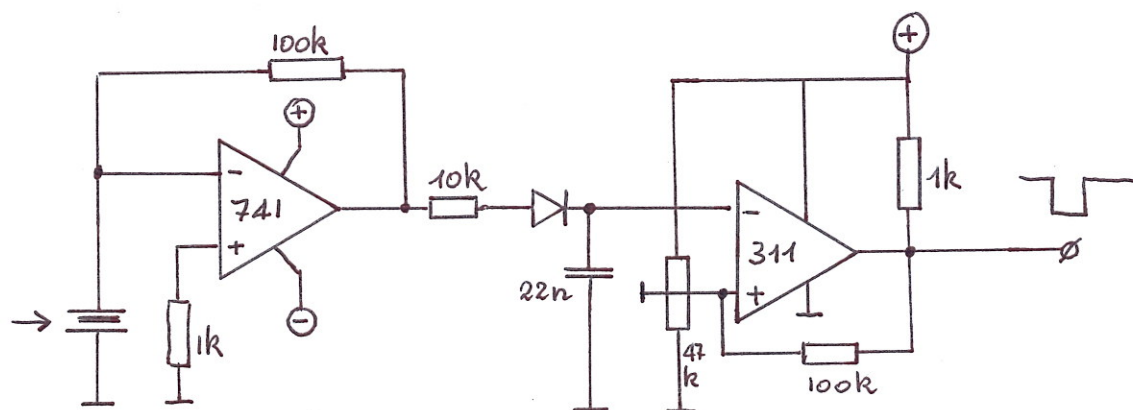
Een probleem dat zich stelt bij gebruik van schakelaars van welke aard ook, is dat er zonder kunstgrepen toe te passen, per schakelaar een koppel signaaldraden nodig is dat verbonden zal dienen te worden met de rest van het instrumentaal ontwerp. Bij redelijk gesofistikeerde toepassingen leidt dit al gauw tot het ontstaan van een behoorlijk dikke 'navelstreng' die de speler bindt aan zijn apparatuur. Wanneer draadloze transmissie wordt gebruikt om de toestand van de vele schakelaars naar de aangesloten apparatuur over te brengen, iets wat betrekkelijk eenvoudig te realiseren is, betalen we echter ook een prijs: dan moet immers de konverter schakeling (op te bouwen uit een

matrix-decoder, een UART of een ander type parallel naar serieel omzetter, een modulator en een zender) evenals de elektrische stroomvoorziening (batterijen of accus) voor deze schakeling mee aan het lichaam bevestigd worden. Van de navelstreng kunnen we ons zodoende wel verlossen, niet echter van het kluwen draden en verbindingen op het lichaam zelf.

Michel Waisvisz, een figuur die we binnen het onderzoeksgebied van de bewegingstransducers nog vaker zullen ontmoeten, gebruikte onder meer een reeks kwikschakelaars in zijn apparatieve kompositie 'The Hands'. Daarin worden zij gebruikt om informatie nopens de houding van de hand tegenover de grond te bepalen en door te geven.

Ook bij ons bouwde de jonge komponist Geert Logghe in 1992 een op kwikschakelaars gebaseerd interface dat dan echter gekoppeld wordt aan de handen en benen van een blokfluitspeler. Het moet dan ook worden gezien als een instrumentale extensie van de normale speelmogelijkheden van de instrumentist. De gegevens van de 8 schakelaars worden periodiek uitgelezen en als een RS232 serieel signaal naar de verwerkende computer gebracht. Het aantal draden (beter, het aantal aders in de kabel) tussen speler en apparatuur kon daartoe beperkt blijven tot twee. Het interface is immers zuiver unidirectioneel.

Naast de schakelaars behorende tot de hiervoor beschreven categorieën, kunnen ook andere elektronische componenten en transducers als schakelaar worden gebruikt. Zo bijvoorbeeld de magnetische of piezoelektrische kontaktmicrofoon. Deze wordt dan niet gebruikt omwille van het audiosignaal dat hij voortbrengt, doch uitsluitend als schakelaar waarvan de gevoeligheid (het trigger-nivo) en de hysterezis instelbaar kan worden gemaakt. Een geschikte en geteste algemene schakeling, gebruik makend van een instelbare spanningskomparator, ziet eruit als volgt:



Artistieke toepassingen hiervan zijn er in overvloed. Citeren we het wellicht best bekende, omdat het zich in het overgangsgedebied tussen de populaire en de ernstige hedendaagse muziek bevindt, voorbeeld:

-Laurie ANDERSON: " Drum Suit"

De illustratie behoeft geen betoog, menen we.



Illustratie overgenomen uit: ANDERSON, Laurie "Home of the Brave", 1986. Dit is een brochure over het filmskript van de gelijknamige film.

In ditzelfde overgangsgebied bevindt zich eveneens de gelijkaardige projekten 'Kostrument' en 'Taktom' van de Nederlander Harry DE WIT uit 1987.

cfr.: HATTINGER, Gottfried (Red.), Harry De Wit "Kostrument" en "Taktom", Ars Electronica, Linz, 1987. p.141-143.

## 1.2.2.1.2.2.- Spierspanningstransducers

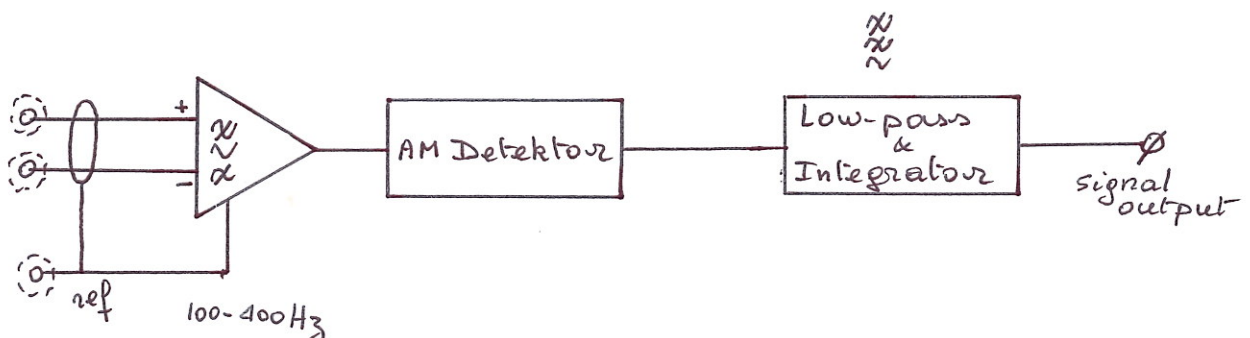
Het opzet van dit type transducer bestaat erin gebruik te maken van de wetenschap dat een spierkontractie in het menselijk lichaam gepaard gaat met een elektrisch verschijnsel, dat we onder de algemene noemer bioëlektriciteit kunnen plaatsen.

De elektrische spanning die met een spierkontractie gepaard gaat is via aangepaste apparatuur meetbaar, en dus ook in principe bruikbaar als data voor het sturen van andere geluidsproducerende toestellen. De meest bekende toepassing is hier het elektrocardiogram (ECG), waarbij de werking ook berust op de elektrische potentialen afgegeven door de hartspier. Een ECG wordt gemeten door elektroden te plaatsen op de rechter en de linkerarm en het potentiaalverschil in de tijd op te meten. De signaalnivoos zijn in de grootteorde 0.1mV tot 5mV, wat vandaag geen problemen meer oplevert voor de apparatuur. Wanneer we een elektro-encefalogram willen opnemen, worden de elektroden op de schedel geplaatst. De signalen hier zijn echter beduidend kleiner: ca. 50microvolt slechts. Apparatieve systemen waarmee spierspanningen kunnen worden opgenomen noemt men elektromyografen (EMG). De signaalnivoos hier zijn in de grootteorde van 10 $\mu$ V tot 100 $\mu$ V, de bandbreedte der signalen loopt van 40 tot 3000Hz. Vaak zijn voor het opnemen van deze spanningen subkutane elektroden in platina of zelfs naaldelektroden die in de spierbundel zelf worden ingebracht nodig.

cfr. KO, Wen H., "Biomedical Electronics", p26.2-26.14, in FINK & CHRISTIANSEN, "Electronics Engineers Handbook", 1989

Dat dit voor artistieke toepassingen en dan nog als bewegingstransducer een heleboel problemen stelt is nogal evident. Bovendien zijn deze problemen nu eens niet in eerste plaats van technisch artistieke aard, maar ook krijgen we te maken met medische, hygienische en juridische obstakels. In theorie zou het mogelijk zijn de spierspanningen kwazi kontaktloos (dus zonder elektroden) op te nemen, aangezien elke elektrische stroom een elektromagnetisch veld met zich brengt, ware het niet dat dit veld niet sterker is dan circa 2pT (pico-Tesla, of 10<sup>-12</sup> Tesla), wat welhaast onoplosbaar is, tenzij, vrij recent door beroep te doen op zogeheten SQUID's (Superconducting Quantum Interference Device).

Hoewel we erg veel signaal verliezen en ook de beschikbare bandbreedte van het EMG signaal veel kleiner wordt, blijven toch zelfs op de huidoppervlakte nog meetbare en voor de spierspanning relevante signalen over. Om deze te kapteren volstaan twee signaalelektroden en een referentie-elektrode. Het blokschematisch opzet van een EMG-opnemer ziet eruit als volgt:





De eerste komponent van het systeem is een instrumentatieversterker met hoogohmige ingangen die tevens werkt als een banddoorlaatfilter voor het frekwentiegebied van 100Hz tot 400Hz. Dan volgt een diodetektor en tenslotte een integrator met een tijdconstante kleiner of gelijk aan 0.1s. Hoewel een systeem volgens dit opzet allicht geen medisch wetenschappelijke metingen toelaat, geeft het toch een voor de spierspanning relevant signaal af, zoals bleek uit een evaluatie van de door ons opgebouwde relatief eenvoudige proefschakeling. Zou men uitgaand hiervan een bewegingsgestuurd instrument willen bouwen, dan lijkt ons eigenlijk alleen de implementatie van zoiets als slaginstrumenten in aanmerking te komen. Wel zijn er dan een heleboel van dergelijke schakelingen nodig, wat economisch gezien wel een probleem kan zijn omdat de componenten in de schakeling van goede kwaliteit, en dus eerder duur, dienen te zijn.

Wie in dergelijke richting verder zou willen experimenteren kan worden aanbevolen literatuur door te nemen uit de sektor van de bioëlektronische prothesebouw, omdat in dit gebied van wetenschap en technologie gepoogd wordt om vanuit motorische impulsen naar geamputeerde ledematen, elektromechanische prothesen te sturen.

Een werkelijk vanuit de motoriek gestuurd en op deze technologie gebaseerd 'instrument' bestaat overigens reeds sedert enkele jaren onder de vorm van de kunstmatige larynx! Uiteraard is dit wel niet bedoeld als muziekinstrument.

Cfr. CHILDRESS, Dudley & MORTIMER, Thomas J. "Myoelectric Control and Functional Stimulation: Artificial Limbs and assist devices" p.26.30 - 26.68 in: FINK & CHRISTIAENSEN, op.cit.

#### Artistieke toepassingen als bewegingsgestuurd instrument:

##### **Dick RAAIJMAKERS:**

Dick Raaijmakers gebruikte o.a. spierspanningsopnemers in zijn conceptuele kompositie uit te voeren door een bewegende fietser in 'De Grafische methode: de fietser' (1979) Deze transducers leveren in zijn opzet informatie met betrekking tot de motorische spanning of ontspanning van de gemeten spier van de beweging/uitvoerder.

Cfr. RAAIJMAKERS, Dick "The Graphical Method 2: Bicycle" , volledige partituurbeschrijving en opbouw van het 'instrument' . In: MW6, Noordwijk, Holland, 1984. p.11-19.

##### **Darius CLYNES: "Angel Core"**

Deze muziektheatrale produktie van Darius Clynes in samenwerking met het Shusaku Dormu Dance Theatre, was te gast in Gent bij Stichting Logos in 1979. We hadden de gelegenheid het opzet tot in de kleinste technische details te onderzoeken.

Het technisch systeem maakte gebruik van de PDP11 komputer die STEIM (Amsterdam) in bezit kreeg in 1978 en in 1984 weer kwijtspeelde in Seoul. Deze 16-bit minikomputer beschikte over 16 bit I/O mogelijkheden, 16 kanalen ADC en DAC met 12-bit resolutie evenals een snelle 2 kanaals DAC voor real-time toepassingen. De programmas moesten geschreven worden in Fortran IV. Voor "Angel Core" werden 16 spierspanningstransducers op diverse spieren van het lichaam van de uitvoerder (in dit geval de Japanse danser Shusaku Takeuchi) gehecht. Deze signalen, na

voorversterking en strenge low-pass filtering middels 16 instrumentatieversterkers, werden dan aan de PDP11 ter verwerking aangeboden. Het komputerprogramma, deel van zowel kompositie als instrument in dit geval, werd geschreven door de komponist zelf.

Door de 48 draden waarmee de uitvoerder met de komputer verbonden was, werd uiteraard diens bewegingsvrijheid gekompromiteerd. In deze kompositie werd dit echter heel mooi opgelost door hem alleen vertikaal in een door buizen begrensde ruimte van  $1\text{m}^2$  grondoppervlak en een hoogte van 3m te laten bewegen als een soort aap. Hoe goed de voorstelling ook was in termen van spanningsboog en kompositorisch-muzikale opbouw, het hele hoogtechnologische opzet leek toch niet echt goed te funktionieren. De spierimpulsen konden vizueel waargenomen worden op het lichaam van de naakte danser, maar werden pas na enkele frakties van sekonden in een muzikale gebeurtenis omgezet. Of dit nu gelegen was aan de te grote integratriekonstanten in de hardware van de interface schakeling, aan de traagheid van de ADC konversie van de PDP11 of aan een stuntelig geschreven stuk software konden en kunnen we niet beoordelen. Daartoe zouden we zelf eerst wat experimenten dienen op te zetten en in dit gebied hebben we dat vooralsnog niet gedaan. Erg universeel bruikbaar lijkt een en ander overigens niet te zijn, niet zozeer omwille van de vele draden, maar wel omwille van de vele transducers die vaak onderhuids worden aangebracht, wat niet direkt van aard is om de speler de nodige gemoedsrust te bezorgen vanwaaruit hij zich op muzikale expressie zou moeten kunnen concentreren.

### 1.2.2.1.2.3.- Brainwavetransducers

Voor dit soort transducers geldt eigenlijk technisch gesproken grotendeels hetzelfde wat we reeds opmerkten in de vorige paragraaf. We vermelden het hier alleen afzonderlijk omdat vaak wordt geopperd dat alle motoriek uiteindelijk vanuit de hersenen wordt gestuurd en dat derhalve een lichaam-machine interface de motorische en andere impulsen dient te kapteren of op te vangen op de eerste plek waar ze ontstaan.

Of dit al dan niet aan een wetenschappelijke werkelijkheid beantwoordt - en er zijn nogal wat wetenschappelijk onderbouwde redenen om te twifelen aan de monopoliepositie van de hersenen als controleorgaan voor onze functies - laten we hier volkomen buiten beschouwing. We konstateren alleen het voorkomen van die overtuiging en vooral, het bestaan van artistieke implementaties gesteund op die overtuiging. Natuurlijk zijn er heel wat redenen waarom deze technische mogelijkheid de fantasie van vele kunstenaars heeft geprikkeld. Zo, niet in het minst, het feit dat men er een mogelijkheid in zag om door het louter denken van een aktie (bvb. een muzikaal verloop, of een motorische handeling) deze aktie ook effectief te realiseren zonder dat het denkende subjekt daar enige inspanning zou dienen voor te doen. Stel U voor, ik speel echt piano (via een 'Trimpin-Vorsetzer' bvb.) door een partituur gewoon maar te zitten lezen...

In talloze varianten is het een onderwerp dat regelmatig terugkeert in de fantastische en science fiction literatuur, in de filmindustrie enzomeer. Het hoeft ons dan ook helemaal niet te verwonderen dat er lieden zijn die stappen hebben gezet om met een werkelijke realisatie alvast te beginnen.

Technisch gesproken gaat het bij hersengolven om signalen in het frekwentiebereik van 0.5Hz tot 200Hz. De signaalniveaus zijn in de grootteorde van 10 $\mu$ V tot 75 $\mu$ V. Op grond daarvan is hun kaptatie een heel stuk moeilijker dan die van spierspanningen. Vooral de interferentie met de frekwentie van de 50Hz netspanning en haar harmonischen stelt enorme problemen. Men heeft de frekwentieband van deze hersengolven in een aantal regio's onderverdeeld: het gebied van 8 tot 12Hz heeft men daarbij de alfa-golven genoemd, het gebied daarboven de beta-golven enzovoort.

#### Artistieke toepassingen in een instrument of kompositie:

- Alvin Lucier "Music for Solo Performer" (1965)

De ondertitel -de instrumentatie eigenlijk- van het stuk is veelzeggend: '*for enormously amplified brainwaves and percussion*'. Het stuk maakt gebruik van de zogenaamde alfa-hersengolven tussen 8 en 12 Hz, waarvan men weet dat ze slechts dan optreden wanneer het subjekt de ogen sluit en aan helemaal niets denkt. Ze treden dus slechts op in een toestand van mentale ontspanning of halfslaap.

De signalen worden -heel erg versterkt- naar basluidsprekers gestuurd die in fysisch contact staan met grote trommels, gongs, cymbalen enzomeer met verschillende sub-harmonische grondtonen.

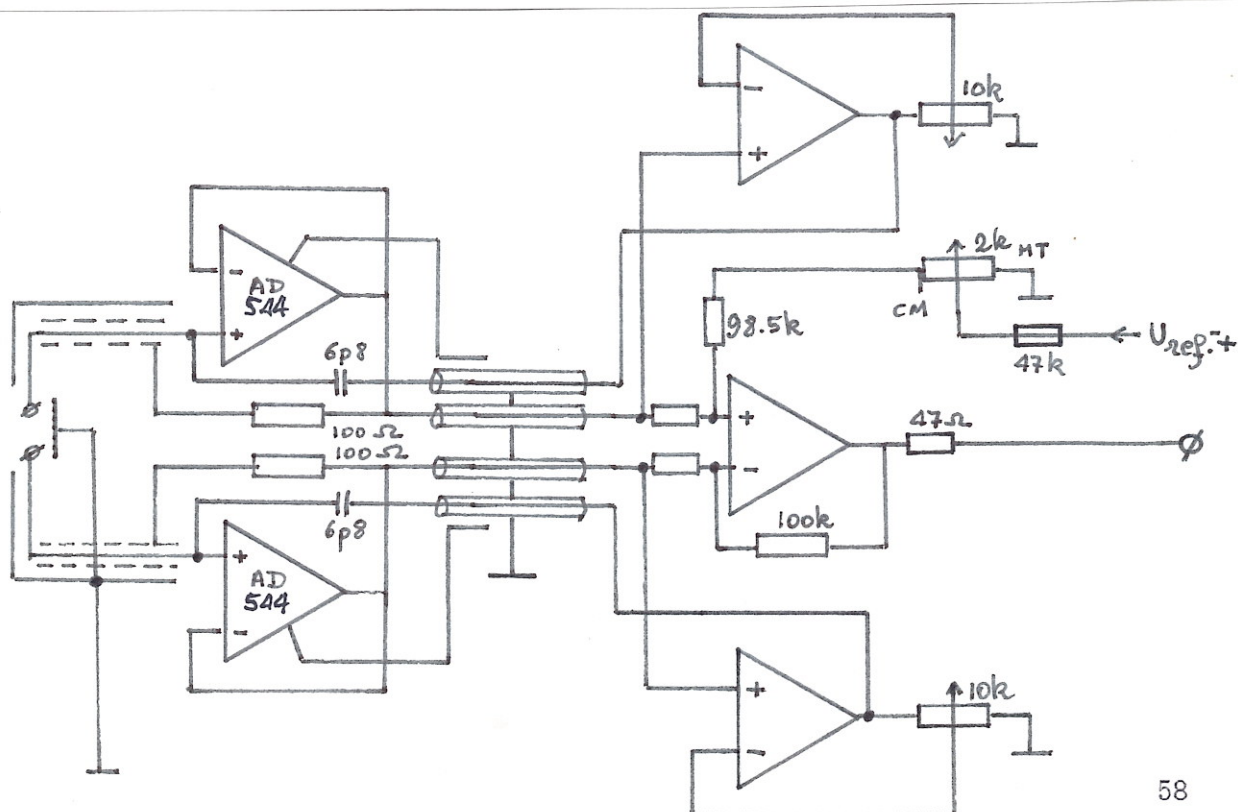
De luidspreker-trillingen kunnen we niet horen wat die zijn subsonisch, echter wanneer een alfa-hersengolf ontstaat die resonantie veroorzaakt in een van de slaginstrumenten, dan zal dit instrument beginnen meeklinken. Onze hersenactiviteit zal dus op rechtstreekse wijze de slaginstrumenten kunnen bespelen. Typisch voor Lucier is echter -en hierin is hij helemaal niet de fantast die we hiervoor schilderden- dat bij hem uitgerekend het niet-denken tot muziek aanleiding geeft, wat nauw aansluit bij de filosofie van o.a. John Cage, waarbij elke expressieve inmenging in het klankenverloop diende gebannen te worden.

Cfr.: LUCIER, Alvin & SIMON, Douglas "Chambers" ,1980, p.69-78.

*In de oorspronkelijke versie van de apparatuur voor dit stuk gebruikte Lucier een hersengolfversterker gebouwd door Edmond Dewan, een fysikus die lange tijd voor de Amerikaanse luchtmacht gewerkt had in een research project m.b.t. hersengolven en met het oog op toepassing op automatische bewaking van de aandacht van gevechtspiloten tijdens lange vluchten.*

Zelf deden we vrij veel ervaring op met de technologie van de hersengolfversterkers naar aanleiding van een uitvoering van deze kompositie bij Stichting Logos te Gent in de jaren '70. Toen Alvin Lucier zijn apparatuur begon op te stellen, bleek dat zijn hersengolfversterker ook zonder via elektroden met de schedel verbonden te zijn 'alfa'-golven produceerde... Ik heb het ding dan naar het labo meegenomen en grondig ontmanteld en nagemeten. Het produceerde een ontstellende hoop 'pop-corn'-ruis naast af en toe wel eens iets wat op het bedoelde signaal kon lijken. Ik heb de schakeling zo goed en zo kwaad als mogelijk was afgeregeld en geoptimaliseerd -als men daarvan tenminste spreken kan wanneer een signaal/ruisverhouding van omtrent 3dB bereikt is (1.5 : 1)- zodat het concert kon doorgaan. Op verzoek van Alvin Lucier heb ik hem toen een nieuwe en aan de technische mogelijkheden van heden aangepaste instrumentatieversterker gebouwd, waarmee een signaal/ruisverhouding van toch wel 18dB haalbaar is. Het schema van het front-end geven we er graag bij:

Cfr. HOROWITZ & HILL, 'The art of electronics', (1980), p.612



- David ROSENBOOM: 'Biofeedback'

Waar Alvin Lucier's opzet van een zekere en niet onestetische conceptuele eenvoud getuigt, zouden we kunnen stellen dat David Rosenboom de tegenovergestelde weg opgaat. Hij maakt gebruik van hersengolfsignalen en neemt hen op met een dodelijke ernst. Meer nog, hij schakelt ze in, in wat hij een 'Biofeedback' systeem heeft genoemd. Hierbij sturen de hersengolven (alfa, beta en gamma worden gebruikt) analoge, en in later werk ook digitale, synthesizers terwijl hijzelf ook musiceert (meestal speelt hij piano). Zijn musiceren speelt daarbij in op de door zijn eigen hersenen opgewekte golven, zodat er een feedbackmechanisme ontstaat. We hebben David Rosenboom bij verschillende gelegenheden in dit soort komposities aan het werk gezien, en ofschoon het moeilijk te bewijzen valt (het zou op zijn minst storend zijn de hersengolfsignalen te gaan nameten tijdens een concert...), ben ik ervan overtuigd dat hier een charlatan aan het werk is. Zijn voorstellingen barsten van mystieke pretentie en technische gewichtigdoenerij.

Cfr. ROSENBOOM, David "Extended Musical Interface With the Human Nervous System, Assessment and Prospectus"., Berkeley, California 1990.

- Dieter & Ulricke TRÜSTEDT "Alphas und andere Rhythmen"

Voor deze muzikale kompositie uit 1973/74 wordt ook van hersengolf-transducers gebruik gemaakt. De Trüstedts maakten daarvoor echter gebruik van bestaande medische apparatuur, waarbij ze niet rechtstreeks de alfa hersengolven gebruikten, doch het uitgangssignaal van de EEG versterker gebruikten als een binair triggersignaal voor elektronische slagwerkgeluiden vanuit analoge synthesizers. Ook zij kregen te maken met problemen in live-opvoeringen van het stuk. De versie die ze dan ook meestal op concerten presenteerden was de elektronische bandopname ervan, gemaakt in het laboratorium in 1973.

De Trüstedts voerden dit stuk o.a. op naar aanleiding van de ISCM-wereldmuziekdagen in Utrecht op 23 oktober 1974.

Enkele verdere musici die met deze technologie op een of andere wijze hebben geëxperimenteerd, maar wiens werk op dit gebied we niet zelf in levenden lijve konden zien en horen, en dus ook niet evalueren, zijn Richard Teitelbaum, Manfred Eaton, Pierre Henry/ Roger Lafosse.

De komponist/muzikmaker die in dit soort technologieën wellicht het verst is gegaan, is de Australiër Stelarc, die zijn lichaam 'ombouwde' tot een volledig instrument, en daarbij gekombineerd gebruik maakt van hersengolven, spierspanningsopnemers, EEG, ECG en zelfs ultrasone bloed-doorstromingssnelheidsmeters. Zijn praktische instrumentale realisaties dateren van 1989 en de komponist zoekt tot vandaag voort in deze richting.

Cfr. BURT, Warren 'Experimental music in Australia using live electronics', 1991, p. 167.

STELARC, "Beyond the Body", Melbourne, 1989. *We vermoeden dat Stelarc een pseudoniem is, maar de echte naam konden we niet achterhalen.*

## 1.2.2.1.2.4.- Direkte resistieve transducers

Resistieve transducers berusten op het meten van de huidweerstand op diverse plaatsen van het lichaam. Hiertoe wordt een kleine gelijkspanning over twee elektroden aangebracht, waarbij deze elektroden op een niet te grote afstand uiteen worden geplaatst in contact met de huid. (<ca.10cm) Het gebruik van een speciale geleidende pasta tussen transducer en huid is van groot belang voor het krijgen van een goed resultaat. Een stroombron stuurt een kleine stroom naar de elektroden en de spanning over de elektroden wordt gemeten.

Tegenover de uiterste eenvoud van dit type opnemer staat echter de geringe zometer onbestaande relevantie van de verworven gegevens voor de motoriek van de beweging. Immers de huidweerstand wordt in de eerste plaats bepaald door de zweetafscheiding en deze is een functie van de omgevingstemperatuur, de luchtvochtigheid en in zekere mate van de fysieke inspanning. Op dit laatste element reageert het lichaam echter bijzonder traag en geleidelijk. Hierdoor zijn de praktische perspectieven van dit soort opnemer wanneer het erom gaat motorische informatie te verwerven, uiterst beperkt en betwistbaar naar relevantie.

Niettemin hebben talloze experimentele musici vooral sedert de vroege jaren zestig en dus in de tijd van de analoge schakelingen voor elektronische muziek, er veelvuldig van gebruik gemaakt.

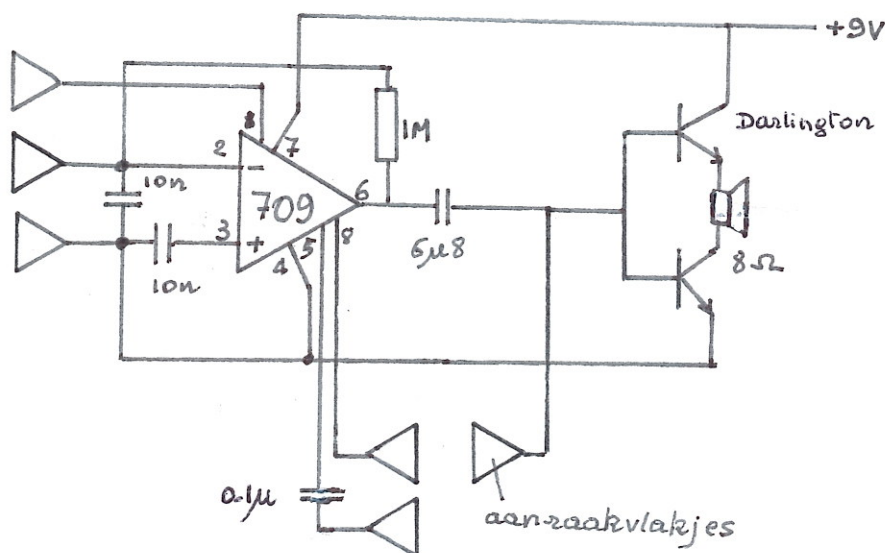
Dick Raaijmakers gebruikte het als een van de elementen in zijn kompositie 'De Grafische methode: de fietser'. Hij associeert de informatie gewonnen uit de meting van de huidweerstand aan de emotie van de speler...

De kraakdozen die door Michel Waisvisz als instrument werden ontwikkeld in de jaren zeventig -hoewel niet bedoeld als bewegingstransducers- maken gebruik van hetzelfde resistieve principe.

Cfr.:MENSINK, Onno "Steim" , 1986.

*Omtrent het werk van Michel Waisvisz zijn publikaties voor ons in hoge mate tweedehandse bronnen, aangezien we zelf vaak met hem hebben samengewerkt en we regelmatige kontakten onderhouden sedert 1970. Hij was ook voor publieke voorstellingen vele malen te gast in Gentse (Stichting Logos) en Brusselse concertreeksen ('Kommuzikatie') en festivals (Europalia).*

Omdat deze kraakdoos-technologie zoveel navolging heeft gekend in de jaren '70 tot medio '80, geven we hier het originele schema van Michel Waisvisz. Het werd nooit eerder gepubliceerd, en we bekwamen het slechts via reverse-engineering van het instrumentje:



#### 1.2.2.1.2.5: Strain Gauges & LVDT's

Dit type transducers worden in de techniek gebruikt om resp. de relatieve uitzetting van materialen, en de relatieve positieveranderingen van objecten te meten.

*Strain Gauges* zijn eigenlijk weerstandsmetbruggen. (Brug van Wheatstone). Ze zijn ideaal geschikt voor het meten van kleine buigingen en dimensionele veranderingen in allerlei materialen. Ze worden vervaardigd in afmetingen gaande van enkele hondersten van een vierkante millimeter, tot verscheidene vierkante centimeters. Op grond hiervoor zouden ze ook kunnen worden gebruikt als opnemers voor lichamelijke motoriek. Voorzover wij konden nagaan, werd hiervan in de muziek nog geen gebruik gemaakt. Wel zijn deze transducers gebruikt in het ontwerp van de niet-muzikale 'Power Glove' waarover meer sub.122.2331.

LVDT's (*Linear variable differential transformer*), zijn cilindrische spoelen met drie wikkelingen die in elkaars verlengde liggen. In de spoel wordt een beweeglijke cilindrische en ferromagnetische kern geplaatst. De beide buitenste wikkelingen worden bekrachtigd met een wisselspanning van een bepaalde frekwentie (10Hz-25kHz bvb.). Wanneer de kern nu gaat verschuiven, dan wijzigt zich de door de inductie veroorzaakte sekondaire spanning in de middelste wikkeling.

Deze componenten worden aangeboden met meetbereiken gaande van duizendsten van een millimeter tot meer dan een halve meter. Ook deze uiterst precieze componenten zijn eigenlijk heel geschikt als opnemers voor beweging, meer bepaald voor de meting van de versnelling van bewegende lichaamsdelen, maar werden -onder

voorbehoud voor wat betreft onze kennis- nog niet in de alternatieve instrumentenbouw toegepast.

#### 1.2.2.1.2.6: Accelerometers

Accelerometers, opnemerelementen waarmee de versnelling van fysische massa in een elektrische grootheid kan omgezet worden, kunnen worden gemaakt met LVDT's, met capacitieve transducers en met bepaalde types piezoelektrische materialen (Kynar).

*Anders dan in de in de volgende paragraaf besproken toepassing van Kynar piezoelektrische film, moet de film hier volledig vrij kunnen 'zwiepen'. De versnellingsmeting maakt immers gebruik van de inertie van de film zelf, die bij buiging een elektrische spanning opwekt.*

Zij kunnen worden toegepast voor de bouw van trommelstokken zonder trommels, van elektronische dirigeerstokjes zonder orkesten en kunnen ook rechtstreeks op de polsen worden bevestigd. De signalen zijn bijzonder betrouwbaar en precies.

Een beperking is wel dat accelerometers de versnelling slechts volgens een enkele bewegingsvektor kunnen meten. Het zijn 1-dimensionele transducers aangezien ze slechts 1 graad van vrijheid hebben. Om ook 3-dimensionele acceleratie te kunnen opmeten moet dan ook een stelsel van 3 accelerometers opgesteld onder een bepaalde onderlinge hoek- worden toegepast. Een dergelijk 3-dimensioneel type zou een ideaal elektronisch dirigeerelement kunnen opleveren.

#### Artistieke toepassing:

##### David KEANE

Tijdens een concerttournee tussen 3 en 13 augustus 1990 in ons land, demonstreerde de Canadese komponist David Keane een elektronisch dirigeerstokje 'MIDI-Baton' genoemd, waarmee muzikale structuren via een komputer (Atari 1040ST) in real time konden worden gedirigeerd. Voor de bouw ervan werd de hier aangehaalde technologie toegepast. Het stokje werkt slechts in één dimensie en de analyse en verwerking van het signaal wordt bijna geheel in software gerealiseerd. De door het dirigeerstokje voortgebrachte pulsen worden via infraroodlicht naar het komputer-interface verstuurd.

*Cfr. KEANE, David & GROSS, P., "The MIDI-Baton", in: Proceedings of the 1989 International Computer Music Conference, p.151-4, 1989.*

*KEANE, David & WOOD, Kevin, "The MIDI-Baton II", in: Proceedings International Computer Music Conference, Supplements, 1990.*

*KEANE, David & WOOD, Kevin "The Midi Baton III", in: Proceedings of ICMC, 1991, p.541-544.*

#### 1.2.2.1.2.7: Kontaktmikrofoons - Kynar-film

Dat kontaktmikrofoons als schakelaar kunnen worden gebruikt, toonden we reeds aan sub 1.2.2.1.2.1. Door kleine wijzigingen in de op die plaats gegeven schakeling (in feite volstaat het een aftakking te maken na de gelijkrichter die op de eerste operationele versterker volgt en deze spanning te bufferen via een tweede versterkertrap) is het erg eenvoudig de op het lichaam geplaatste trillingstransducer als een signaalbron voor analoog veranderende spanningen te gebruiken. Dit signaal kan dan verder analoge synthesizers sturen, of het



kan, na ADC-omzetting, voor verdere digitale verwerking worden aangewend.

Uit vele experimenten blijkt echter dat de bekomen signalen weinig of geen relevantie hebben voor de motoriek van de menselijke beweging. Wel is het mogelijk er een instrument mee te bouwen waarbij via een bespeling van het eigen lichaam willekeurige klankbronnen kunnen worden aangestuurd.

Wat betreft het onderzoek naar de hiervoor meest geschikte transducers kunnen we stellen dat, hoewel alle klassieke types van kontaktmikrofoons kunnen worden gebruikt, toch vooral het betrekkelijk nieuwe Kynar materiaal erg geschikt is. Dit materiaal is immers een piezoelektrische dunne folie, die vanwege zijn plooibaarheid en elasticiteit bijzonder gemakkelijk eender waar op het lichaam kan worden gekleefd met normaal medisch of dubbelzijdig kleefband.

Cfr.: "Kynar Piezo Film", Technical Manual, Pennwalt Inc., 1987

#### 1.2.2.2.: Kontaktloze systemen

Bij de hiernavolgende systemen is geen enkel fysisch contact tussen lichaam en klankopwekkingsstelsel noodzakelijk. De beweging kan dus ongehinderd plaatsvinden.

##### 1.2.2.2.0: Vloermatsysteem

Volledigheidshalve dient hier eerst melding gemaakt te worden van de door vele kunstenaars toegepaste mogelijkheid om zowat het enige noodzakelijke contact dat we als mensen hebben en toch nooit als een hinderlijk contact ervaren, te benutten: ons contact met de bodem, gevolg van de zwaartekracht. Daarvan uitgaand is het mogelijk de bodem van de tot instrument te maken ruimte te bedekken met schakelaars, transducers o.i.d. De Canadese musici Doug COLLINGE en Stephen PARKINSON bouwden uitgaand van deze idee wellicht het meest 'geavanceerde' 'instrument': een vloerbedekking waarin 1280 schakelaars verborgen zitten. Deze schakelaars worden als een matrix door een komputersysteem 30 maal per seconde uitgelezen. De informatie van deze matrix wordt verder gebruikt voor de uitsturing van synthesizers. Merkwaardig vinden we dat ze geen gebruik hebben gemaakt van de nochtans reële mogelijkheid om ook enkele aspecten van bewegingssnelheid en massa (impuls) te benutten. In de versie zoals ze het opbouwden, werkt de installatie uitsluitend positioneel.

COLLINGE, Doug & PARKINSON, Stephen "Audience-Sensitive Sound Installation" , in: MusicWorks, nr. 28, p.6-8, Toronto, 1984

##### 1.2.2.2.1: - Optische systemen

Hierbij gaat het om al die systemen die informatie uit menselijke beweging langs optische weg trachten te verwerven. Op het eerste gezicht lijkt dit de meest evidente aanpak te zijn, aangezien beweging van anderen toch uitsluitend vizueel wordt waargenomen.

Maar precies hierin schuilt ook het probleem: het gaat er immers niet om hoe de beweging door anderen wordt waargenomen, maar wel hoe we de beweging als beweging expressief beleven. De expressieve impuls zit niet in de vizuele waarneming van de beweging maar wel in de beleefde motorische impuls ervan.

De beweging van een massa, de kracht van een beweging nemen we helemaal niet vizueel waar, we kunnen haar hooguit op grond van onze eigen ervaring inschatten of rationeel berekenen. De expressieve betekenis van een expressieve beweging kan anders gesteld slechts in uiterst beperkte mate uit de vizuele waarneming ervan worden afgeleid.

Ondanks deze principiële bezwaren tegen eender welk zuiver op vizuele waarneming gesteund systeem, omdat het toch enkele niet oninteressante mogelijkheden. Bovendien is het helemaal niet uitgesloten dat via allerlei rekenkundige en algoritmische bewerkingen uit de vizuele informatie de door ons beoogde informatie af te leiden zou zijn. Immers, we kunnen de massa van de maan ook niet waarnemen alhoewel we perfect in staat zijn op grond van onze vizuele waarneming haar preciese massa te berekenen. We zien de maan als een vlakke schijf, en pas na informatieverwerking komen we erachter dat het een sferisch lichaam is met een bepaalde massa.

We menen, op grond van ons onderzoek, echter dat de vizuele weg wellicht inderdaad de grootste informatieverwerkende problemen met zich brengt. Het is dus wellicht niet de eenvoudigste weg.

Laten we de diverse technische mogelijkheden even overlopen:

1.2.2.2.1.1: 'Domme' optische systemen

1.2.2.2.1.1.1: - fotoelektrische componenten

Fotoelektrische componenten zijn al die componenten waarvan een of meer elektrische parameters (stroom, spanning, impedantie) een functie zijn van invallend licht. Licht dient hierbij wel in ruime zin opgevat te worden: het gaat niet alleen om zichtbaar licht maar ook, en in de praktijk vooral, om onzichtbaar infrarood licht.

We onderscheiden actieve en passieve types:

- Actieve types zijn eigenlijke energieomzetters: zij zetten lichtenergie -invallende fotonen- om in een elektronenstroom. Technisch kunnen binnen deze categorie dan weer twee types onderscheiden worden, al naargelang het doel van de component erin bestaat een als informatie verwerkbaar signaal op te leveren, dan wel of het gaat om het afgegeven elektrisch vermogen.

Komponenten behorende tot de eerste categorie zijn de foto-diodes en de daarvan afgeleide foto-transistoren, foto-thyristoren enzomeer. Hun vermogen (produkt van geleverde spanning en stroom) is in de orde van de micro- en milliWatts.

Komponenten behorende tot de tweede categorie zijn de

zonnecellen. Hun vermogen -voor enkelvoudige cellen- wordt uitgedrukt in Watt ( 2 - 20Watt is gangbaar). Ook deze laatste kunnen echter als signaalbronnen worden gebruikt, het omgekeerde geldt echter niet.

- Passieve types reageren op invallend licht met een veranderende elektrische weerstand. Dit type wordt als LDR (Light Dependent Resistor) aangeduid.

Het regelbereik is zeer ruim (typisch van 100 Ohm tot meer dan 10MOhm), maar de reaktiesnelheid is eerder traag. Afhankelijk van het type kan een LDR tot meer dan twee seconden nodig hebben om kwa weerstand van zijn ene uiterste waarde naar zijn andere over te gaan.

### Historiek:

Het gebruik van fotoelektrische componenten in de muziek en in de instrumentenbouw heeft een bijzonder lange geschiedenis. Nog voor de optische klanksporen die de eerste geluidsfilm hebben mogelijk gemaakt praktisch werden verwerkelijkt, werd de mogelijkheid om gemoduleerd licht te gebruiken als klankgenerator reeds toegepast voor de klankopwekking in muziekinstrumenten: Hendrik Johannes Van Der Bijl's fotoelektrisch orgel uit 1916. Brengen we even in herinnering dat een optisch klankspoor werkt door licht gericht te laten invallen op transparant materiaal waarachter -via een eenvoudige bundelende lens- een fotodiode is geplaatst. Op het transparant materiaal, dat doorheen het aldus gevormde sluis wordt bewogen, is de informatie aangebracht als een tekening. De informatie moduleert dus de sterkte van de lichtstroom, die een functie is van de opgetekende informatie. De lichtstroom wordt omgezet in een elektrische stroom die op zijn beurt via versterking en luidspreker omgezet wordt in luchtdrukmodulatie.

De foto-elektrische cel werd uitgevonden in 1873 en het heeft niet erg lang geduurd, of men had er reeds muziek in gezien: de Praagse ingenieur Czervenska had reeds rond de eeuwwisseling een 'Photophonograph' voorgesteld, terwijl C.V.Hartmann in Stockholm de details publiceerde voor de bouw van zijn 'Photographon'. Een zekere Ruhmer, omstreeks 1900 formuleerde ook de mogelijkheid van optische sporen voor klankfilm. In 1907 werden in Engeland aan Eugene Lauste patenten toegekend voor een optische geluidsopnamemethode. Van dit patent is bekend dat het vervallen was tegen het ogenblik waarop de klankfilm effectief werd gerealiseerd.

Cfr. BRIGGS, G.A., "Sound Reproduction", 1949, p.228. evenals, WOOD, A. "Physics of Music".

Waarom het precies ligt dat deze uitvindingen de mechanisch ingekraste rol of plaat (Edison, 1877 en voor de vlakke plaat, Berliner, 1888) niet toen reeds van de markt wisten te verdringen is vandaag nog erg moeilijk te achterhalen, ook al weten we dat de eerste fotocellen behept waren met heel wat stabiliteitsproblemen, wat echter ook geldt voor Edisons krassenlezer. Wetenschappelijk en technisch gezien echter, waren ze absoluut superieur. Een verder onderzoek van deze vraag is niet relevant voor ons onderzoek, maar is bijzonder interessant omdat het een zoveelste bewijs zou kunnen opleveren ter weerlegging van de optimistische theorie waarvolgens de superieureste technologie door een soort 'natuurlijke selectie'

in de konkurrentiestrijd steeds overwint...

Voor wat de toepassing in muziekinstrumenten aangaat, is de 'Super-Piano' (Spielman, 1927), omschreven als een toetsinstrument, wellicht het oudste gerealiseerde voorbeeld. Verder, eveneens in Duitsland, verscheen even later nog de 'Welte Photophone' (Berlijn) op de markt.

Ook de 'Rangertone', gedemonstreerd door de bouwer Richard Ranger in New York in 1931, maakt ervan gebruik, evenals het 'Rhythmicon', een instrument dat onstond uit een samenwerking tussen Lev Termen en Henry Cowell en dat in tegenstelling tot de meeste andere instrumenten in deze opsomming, nu eens niet een poging inhield een elektrische vervanger voor het pijporgel te zijn. Verder nog de 'Photona' (1935) van Ivan Eremeeff en de Russische 'Variofon' uit 1932 gebouwd door Evgeny Sholpo. Dit laatste instrument was opgevat als een komponeermachine die de komponist toeliet zijn eigen klanken te tekenen op schijfjes. Het kon niet echt in 'real-time' worden gebruikt, maar was toch een echte voorloper van de hedendaagse synthesizers, waarbij klanksynthese in 'real time' ook niet tot de mogelijkheden behoort.

Hiermee hebben we dan toch zowat alle vroege pioniers in de foto-elektrische muziekinstrumentenbouw opgesomd.

Cfr. SCHOLLES, P.A., 1972, p.324 -325 evenals p.420

DAVIES, Hugh "Electronic Instruments", in: New Grove Dictionary of Musical Instruments, 1984

DAVIES, Hugh "Elektronische instrumenten: classificatie en mechanismen" in: "Elektrische Muziek", 1988

### Wolja SARAGA

Wellicht het eerste elektronisch muziekinstrument dat van fotoelektrische principes gebruik maakte voor het implementeren van een bewegingsgestuurd non-impakt instrument is de 'Saraga-generator' uit 1931, geciteerd door Hugh Davies, maar waarvan we zelf nooit een exemplaar hebben gezien. Dit instrument wordt bespeeld net zoals de Theremin en is eveneens monofoon. Vanuit de optiek van de motoriek is er geen groot verschil met de Theremin. Wel -maar we konden dit niet zelf nagaan- moet het op technische gronden veel gevoeliger zijn geweest voor lichtomstandigheden waarbinnen het werd gebruikt. Wellicht was de speelbaarheid geringer dan die van de Theremin. Alleen de toonhoogte werd overigens via lichtmodulatie over 4 oktaven gestuurd, terwijl de volumeregeling en artikulatie via een handschakelaar en een pedaal geschiedde.

De speeltechniek kan wel niet geheel identisch geweest zijn aan die van de Theremin, omdat het er bij amplitudemodulatie door bewegingen in een lichtstroom niet toe doet op welke precieze afstand van de fotocel men de lichtstroom onderbreekt, terwijl bij de Theremin deze afstand bepalend is voor de mate van verstemming van de hoogfrequentie resonantiekring.

Cfr. DAVIES, Hugh, 1988, op. cit. (deze publikatie heeft geen paginanummers!), evenals van dezelfde auteur, de commentaar opgenomen in de New Groves Dictionary of Musical Instruments.

## Jacques DUDON

In onze eigen tijd is de Franse experimentele muzikmaker Jacques DUDON een van de meest intensieve gebruikers van een technologie die aansluit bij deze historische vormen van klankopwekking. Zij 'Synthétiseur Photosonique' maakt gebruik van zonnecellen die rechtstreeks naar audioversterkers worden gestuurd. De mechanismen die hij gebruikt zijn eerder primitief te noemen (genre 'Meccano') maar de waarde van het werk zit eigenlijk vooral in de inventiviteit in het verzinnen van interessant klinkende grafische patronen. Deze patronen worden op transparante schijfjes getekend en met gekoncentreerde halogeenlampjes belicht. Nu eens wordt de lichtbron bewogen (direkt dan wel met spiegels), dan weer het getekend klankmateriaal. Een echt bewegingsgestuurd instrument is het eigenlijk niet, vooral omdat de bewegingen nodig voor de bespeling een erg 'on-fysisch' karakter hebben: ze zijn ruimtelijk uiterst beperkt en dienen met een grote positionele precisie te worden uitgevoerd.

*Jacques DUDON was, met zijn instrumenten, te gast in Gent, naar aanleiding van een concert in de Logos Concertstudio op 5/11/1988.*

## Toepassingsmogelijkheden in optische non-impakt instrumenten

Alle historische muzikale toepassingen van foto-elektrische componenten gebruiken deze als kontinu variabele analoge signaalbronnen.

Maar, welhaast uiteraard, kunnen deze componenten ook goed worden ingezet in zuiver binaire, lees eventueel digitale, toepassingen. Op een dergelijke toepassing als schakelaar berusten kwazi alle optische alarmsystemen. Om begrijpelijke redenen wordt daarbij dan geen zichtbaar licht doch wel infrarood licht gebruikt. Het schakelsysteem, gebruik makend van een lichtstraal of bundel, kan op twee wijzen opgebouwd worden:

1.- een straal kan vanuit een bepaald punt uitgezonden worden vanuit een lichtbron. In lijn met deze straal wordt een fotocel o.i.d. geplaatst. Wanneer de straal wordt onderbroken, dan valt de fotostroom in de cel uit en het ene bit verandert van toestand.

2.- lichtstraal en fotocel kunnen ook zo dicht mogelijk in een vlak naast elkaar worden opgesteld. Aan de andere kant van de rechte wordt dan op een bepaalde afstand een optische reflektor geplaatst. Voor het overige is de werking identiek als bij de vorige ruimtelijk gespreide opstelling. Technisch is deze oplossing inferieur omdat het licht de dubbele afstand te overbruggen heeft, waardoor het systeem tweemaal gevoeliger is voor storingen. Maar, aangezien het om een binair systeem gaat, valt dit, wanneer de afstanden niet al te groot worden, nogal mee.

Voor grensovergangsbewaking van heel lange rechten, worden in dit soort toepassingen meer en meer halfgeleiderlasers toegepast, eveneens in het infrarood gebied van het spectrum.

Artistieke toepassingen van fotohalfgeleiders als bewegingsdetektor-schakelaars zijn in overvloed te vinden in de gehele muziekproduktie sedert het midden van de jaren '60. In de meeste gevallen gaat het daarbij evenwel meer om installaties, performances of klankskulpturen. Minder om bewegingsgestuurde instrumenten, hoewel de grens soms niet heel scherp te trekken is.

We geven slechts enkele voorbeelden die in hun opzet instrumentaal zijn bedoeld:

#### 1. Lichtstraal onderbrekings systemen:

##### - Technische Hochschule Bielefeld - "Treppenorgel" - 1969.

Een smalle trap tussen twee wanden wordt treden per trede voorzien van optische lichtstraalschakelaars. Personen die de trap op- of afgaan scheppen zo een pulsenreeks. De bedoeling was dat vele personen aan diverse snelheden de trap op en af zouden gaan, om zo een kompleks muzikaal patroon te genereren, gebaseerd op een muzikale reeks en haar kreeft. Het serialisme was toen klaarblijkelijk nog bijzonder levendig...

Beschreven in FRANKE, H.W. "Apparative Kunst", 1973, p.80.

Een technisch welhaast identiek systeem werd ook gebouwd door Robert DEZMELYK voor Christopher JANNEY's 'Soundstair' uit 1977.

Gezien en bestudeerd in Essen, BRD, naar aanleiding van de 'Klank und Spielstrasse' in 1978.

Tussen 1985-1987 stelde de Fransman Jacques SERRANO een in dezelfde lijn liggend projekt voor onder de naam "Mur Interactif Spatiotemporel". Hij maakte gebruik van gedrukte schakelingen voor elektronische schaakcomputers uit een fabrieksrestant. Deze schakelingen waren reeds op voorhand voorzien van fototransistoren, decoders en interfaces. De schaakbord-schakelingen werden wel erg gekamoufléerd. De kunstenaar doet het immers voorkomen alsof hij het systeem zelf bouwde. De klanken worden via een Apple MacIntosh computer door een FM-synthesizer opgewekt. Het systeem was o.m. te zien in Linz, 'Ars Electronica', september 1987.

##### - John CAGE

Voor de uitvoering van "Variations V" in New York, (Philharmonic Hall, juli 1965) bouwden Gordon MUMMA en David TUDOR een systeem met fotocellen dat, geactiveerd door de dansers van Merce CUNNINGHAM, zowel lichteffekten als geluiden op gang bracht.

Cfr. GOLDBERG, RoseLee "Performance", 1979, p.89

##### - Lucien GOETHALS

Voor concertuitvoeringen van zijn 'mobiele' kompositie 'Contrapuntos' (1967), voorzag Lucien GOETHALS een systeem waarbij het publiek door zijn bewegingen op een traject waarop fotocellen waren geplaatst, bandopnemers in werking kon stellen. Het gehele klankmateriaal zelf lag op voorhand vast. Het in technisch opzicht eerder primitief systeem werd gebouwd door het IPEM te Gent.

Een technisch kwazi identiek systeem werd in Australië opgezet door Ros Bandt, in 1985. Zij gebruikte 4 infrarode sensors waarmee de 4 geluidskanalen konden worden geschakeld. Cfr. BURT, Warren "Experimental Music in Australia using Live Electronics", London, 1991, p.165.

## - Marek CHOLONIEWSKI

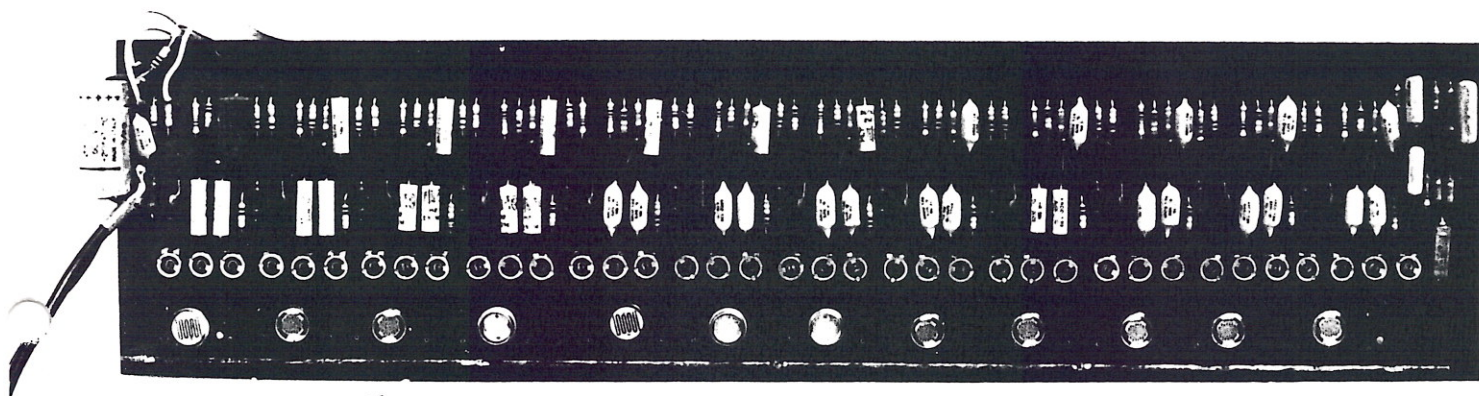
Voor zijn kompositie "Wysyg" knutselde Marek Choloniewski een uiterst primitieve foto-transducer ineen, -en alleen hierin zit de originaliteit- die hij in de mond neemt. Hierdoor kan hij het openen en sluiten van de mond gebruiken om klankgebeurtenissen in de kompositie te sturen. Immers, wanneer de mond opengaat valt er licht in, terwijl het met gesloten mond donker is in de mondholte... Het systeem is echter niet draadloos: een dunne elektrische draad verlaat de mond via de mondhoek.

*De titel van het stuk is de afkorting van 'What you see you get'.  
Het stuk was te horen op een concert met de auteur op 24/11/1989 in de concertstudio van Stichting Logos.*

## 2. Lichtmodulatiesystemen

- "Optorgofoon" is een eenvoudig instrument dat door zich ervoor te bewegen -op grond van de afgeworpen schaduw op de 24 lichtgevoelige weerstanden die de schakeling omvat- plastisch veranderende klusters voortbrengt. Het klankresultaat is echter net zo zeer afhankelijk van het omgevingslicht en de variatie die daarin optreedt, dan van de via beweging veroorzaakte licht- en schaduw modulatie. We bouwden het in 1972 en de LDR's sturen de toonhoogte van 24 individuele elektronische oscillators elk opgebouwd met twee transistoren.

*Cfr.:Foto: een van de 2 panelen waaruit 'Optorgofoon' werd opgebouwd in 1972*



## Kees VAN ZELST

- "Ogenblik" (1985) van de Nederlandse komponist Kees VAN ZELST, is een instrumentale omgeving die de bedoeling heeft dansers in de gelegenheid te stellen hun eigen muziek voort te brengen. Het instrument, (hoewel het in dit geval -gezien de ruimtelijk onsamenhangende opstelling ervan- niet zo evident is daarvan te spreken) bestaat uit 8 fotocellen die als 'ogen' de verschillende lichtsituaties in de ruimte waarin ze zijn opgesteld observeren. Deze lichtsituaties veranderen in functie van de personen die zich binnen de ruimte bewegen. De signalen van de fotocellen worden als kontinu veranderlijke stuurspanningen gebruikt voor geluidsmodules (VCO's, VCA's, VCF's afkomstig uit de analoge synthesizer techniek van de

zeventiger jaren). De technische realisatie kwam tot stand in de studio van de Amsterdamse STEIM.

Deze installatie wordt besproken door David KEANE in: 'The 1985 Bourges Festival: A Report', Computer Music Journal, No.10, nr.2, M.I.T., 1986., p. 56-68.

Peter VOGEL

- "Klangwand" (1984) is een fotoelektrisch gestuurde elektronisch klinkende instrumentale installatie. Zij bestaat uit een horizontale strook van 6 meter lengte en 40cm hoogte die op een hoogte van 130cm tegen een vlakke wand wordt gemonteerd. De belichting -die cruciaal is in al dergelijke ontwerpen- geschiedt vanuit één enkel punt uit de hoogte onder een hoek van 30 graden. Eén 1000 Watt Halogeen-toneelspot is voorgeschreven. Hierdoor wordt het ontstaan van dubbele schaduwen en teveel spreidingslicht vermeden. Het gebruik van een zwarte achterwand is vanuit deze optiek ook sterk aanbevolen. De horizontale strook bevat alle elektronische schakelingen en de 13 optische sensoren waardoor deze elektronika wordt gestuurd. In dit opzet is het echter niet zo dat de kontinu variabele belichtingstoestand van een sensor wordt afgebeeld op een kontinu variabele muzikale parameter zoals bvb. toonhoogte of geluidsterkte, maar veeleer op in elektronische hardware voorgeprogrammeerde en complexere muzikale structuren die op grond van de optische informatie in hun samenhang worden beïnvloed. Afhankelijk van de ruimtelijke positie van de speler tegenover de strook, zijn andere muzikaal-algoritmische verbanden geprogrammeerd, zodat eenzelfde beweging totaal anders kan klinken al naar gelang de plaats waar ze wordt uitgevoerd. De beweger kan op een betrekkelijk voorspelbare en controleerbare wijze aspecten van de timbrale kompleksiteit, de ritmische structuur, de toonhoogteverhoudingen, en de geluidsterkte beïnvloeden. Een interactie tussen klank en beweging wordt hierdoor mogelijk gemaakt.

Opnames van deze 'Klangwand' verschenen destijds op plaat, WERGO 1049/50 'Sound sculptures'. Een foto van het project is te vinden in de tentoonstellingskatalogus "Neue Europäische Musik in Würzburg", 1985. Een uitgebreide voorstelling van dit en later gelijkaardig werk, is eveneens opgenomen in HATTINGER, Gottfried "Ars Electronica", Linz 1987, p.332-334.

- Donald BUCHLA & Associates

"Lightning" (1991) is een recent op de muziek-elektronika markt beschikbaar gekomen MIDI-controller, waarvoor gebruik gemaakt wordt van infraroodlicht als bewegingsdetektor en aanwijzer ('pointing device').

Voor de uitvoerder wordt een kleine doos opgesteld waarin en waarop de infrarood-fototransistors zijn aangebracht. De uitvoerder zelf draagt op het lichaamsdeel waarvan hij de bewegingsinformatie wil gebruiken als data-bron voor de sturing van muzikale gebeurtenissen een kleine batterijgevoede infrarode lichtbron. Die kan in een ring, een handschoen, op een trommelstok... gemonteerd worden. Voor het overige is het een kontakt- en draadloos systeem. Het toestel berekent de horizontale en verticale positie van het bewegend lichaamsdeel op grond van het ontvangen infrarood licht. De berekening van deze positie in de ruimte maakt gebruik van trigonometrie



toevertrouwd aan een ingebouwde DSP-processor. Het toestel moet samen beschouwd worden met de bijhorende software, die de bespeler toelaat, bewegingseigenschappen over te dragen op voor MIDI-sturing vatbare klankparameters.

Dit toestel, omdat het gebruik maakt van een 'intelligente' rekenchip en bijhorende software, laat in tegenstelling tot eerder vernoemde optische systemen, toe eigenschappen zoals bewegingssnelheid en versnelling te kapteren en zo dus, enkele elementaire eigenschappen van de motoriek van de beweging. Het implementeren van een eenvoudige dirigent is met 'Lightning' een mogelijkheid.

Cfr. BUCHLA, Donald & Associates, "Lightning User's Guide", 1991 (Preprint).

*We hadden de gelegenheid dit systeem uitvoerig te testen naar aanleiding van het bezoek van de Australische komponist Warren BURT -een veteraan van de live-elektronische muziek- die bij zijn laatste bezoek aan de Gentse Stichting Logos op 29.05.1992 een systeem meebracht en gebruikte.*

Een eerste evident nadeel is, dat het ontvangstgedeelte zo frontaal voor de speler moet worden geplaatst. (De afstand moet tussen 30cm en 1.8m liggen). In een live-koncertsituatie vormt dit een obstakel tussen uitvoerder en publiek.

Een tweede, en belangrijker nadeel is, dat slechts de beweging van een enkel punt van het lichaam kan worden opgevangen en geanalyseerd, wat uiteraard nooit tot een voor de gehele motorische inspanning relevante informatie aanleiding kan geven.

Ondanks deze bezwaren, behoort het zeker tot de beste systemen die gebruik makend van optische technologie ooit werden voorgesteld.

We beperken ons in onze voorbeelden tot deze typische gevallen. Een overzicht van de talloze kunstenaars die van deze technologie hebben gebruik gemaakt zou wellicht een uitvoerig boek op zich opleveren. Enkele belangrijke namen willen we echter wel vermelden: Walter GIERS (klankskulpturen), Warren BURT, Walter STANGL (Moviophon), Michel WAISVISZ (Lichtscherf).

Het algemene bezwaar dat tegen al deze ontwerpen vanuit instrumentenbouwtechnische optiek kan worden ingebracht, is dat ze zonder uitzondering hun klankresultaat afhankelijk maken van de ruimtelijke positie van de bespeler. Het zijn positionele systemen, terwijl ruimtelijke positie vanuit motorisch expressief perspectief gezien, aan geen relevante muzikale parameter gekorreleerd kan worden. Alleen het 'Lightning' systeem kan in enige mate, ook als motorische-inspanningstranducer worden ingezet.

## 1.2.2.2.1.1.2: - Beeld-klank omzeters

Het is een oude -zij het bij enige analyse uiterst naieve- droom van vele kunstenaars zowel uit de plastische kunst als uit de muziek, om beelden op een rechtstreekse manier in muziek te kunnen omzetten.

Om zo'n droom waar te maken zijn dan ook bij herhaling projecten ontworpen en in elkaar gezet die inderdaad voor elk verschillend beeld-materiaal, een verschillende klank produceren. In principe is een en ander niet verschillend van wat we hiervoor reeds bespraken (en sommige implementaties gaan ook werkelijk niet verder dan wat we reeds bespraken), alleen is de zaak wel iets komplexer in de realisatie.

Er is voor zoiets immers een raster ('array') opgebouwd uit vele fotocellen nodig, evenveel als men punten in het beeld wenst te onderscheiden ('pixels'). Het beeld wordt dan op het fotocellenraster geprojecteerd of gereflekteerd, waarbij elk signaal afkomstig van elke afzonderlijke fotocel, dan een bepaalde geluidsparemeter naar keus kan bepalen. Zoiets kan zowel via analoge technieken als digitaal worden gerealiseerd.

Analoge oplossingen bestaan er kwazi onveranderlijk in dat -zoals in de instrumentale opstelling van Kees Van Zelst-spanningsgestuurde synthesizerschakelingen worden gebruikt, ofwel dat gebruik gemaakt wordt van op voorhand vastgelegd programmamateriaal (via tapes of samplers) dat via de fotocellen en hun combinaties wordt geselecteerd.

Het principiële probleem daarbij is natuurlijk, dat voor eender welke 'mapping' (het 'afbeelden' van informatie uit verzameling A op een verzameling B) zal blijken dat deze volkomen irrelevant en arbitrair is wanneer we tenminste en niet ongegrond zouden verwachten dat ook maar iets van de expressief relevante eigenschappen van het beeld in expressieve eigenschappen van klank wordt omgezet.

Dat de mogelijkheid dit procede toe te passen op statische beelden -waarbij we (tenzij we terzake iets in onze 'mapping' voorzien) uiteraard 'statische' geluiden krijgen, impliceert dat we het kunnen doortrekken naar bewegende beelden zal duidelijk zijn. Echter, waar we bij geprojecteerde statische beelden diapositieven kunnen gebruiken, kunnen we voor bewegende geprojecteerde beelden helemaal geen gebruik maken van film. Daarvoor gooit het diskontinue van het filmprocedé (24 of 25 beeldjes per sekonde, waartussen het doek telkens even helemaal zwart wordt) teveel roet in het eten. Dit uit zich namelijk op ontzettend storende wijze in een spectraal brede, lage en onuitfilterbare brom...

Wanneer dit soort principe gebruikt wordt voor een implementatie van een bewegingsgestuurd instrument, dan dient gebruik te worden gemaakt van een camera obscura waarbij de achterwand waarop het beeld van de werkelijkheid in de kamera geprojecteerd wordt, vervangen wordt door het eerder omschreven fotocellen-array.

Mits voldoende fotocellen worden toegepast is het zonder al te grote technische moeilijkheden mogelijk de positie van een bewegend lichaam in een ruimte in twee dimensies te bepalen. Afstandbepaling (diepte) behoort niet tot de mogelijkheden. Door gebruik van computers voor de verwerking van de fotosignalen, is het mogelijk -maar niet echt eenvoudig- snelheidsinformatie met betrekking tot het bewegend lichaam te verwerven, mits echter -en dit is een strenge beperking- de beweging zich in een vlak evenwijdig aan de achterwand voordoet. De uitkomst van elke berekening nopens de bewegingssnelheid is immers een functie van de snelheid én de hoek tussen de baan van de beweging en het vlak van het fotocellenarray. De berekening geschiedt door periodieke vergelijking van de toestanden der fotocellen. Om een dergelijke vergelijking te implementeren is een of andere vorm van beeldgeheugen noodzakelijk.

#### Artistieke toepassing:

-David ROKEBY: "First Real Snake"

Precies zo'n soort 'kamera' bouwde de Canadese komponist en muzikmaker David ROKEBY voor zijn bewegingsgestuurd instrument gebruikt in de kompositie 'First Real Snake' uit 1985. Hij maakt gebruik van 3 zelfgebouwde kameras die elk slechts een resolutie hebben van 8x8 pixels en waarbij voor elk pixel een fotocel gebruikt wordt. Elk pixel kan 256 grijswaarden diskrimineren (8-bit). De totale beschikbare informatie in de input van het systeem op elk moment is dus slechts 192 bytes. Aan de gebruikte computer worden dan ook geen al te grote eisen gesteld. Het systeem bleek bij evaluatie echter uiterst onbetrouwbaar en gaf vooral een totaal onkontroleerbare en onvoorspelbare indruk.

Cfr. ROKEBY, David: 'Cybernetic Installation: First Real Snake' , in: MusicWorks, Nr.33, Toronto, 1986, p.6-7.

ROKEBY, David 'Dreams of an Instrument Maker', in: MusicWorks, nr.30, Toronto, 1985, p.20.

#### 1.2.2.2.1.1.3: - Pyrodetektoren

Pyrodetektoren zijn een speciaal type halfgeleidersensor uitsluitend gevoelig voor infraroodstraling in specifieke frekwentiegebieden. Technisch gesproken kan met het onderdeel beschouwen als een infrarood gevoelige geladen condensator. Zij worden gebruikt voor branddetektie, maar ook voor alarmsystemen. In deze laatste toepassing kunnen zij de aanwezigheid van levende wezens binnen een bepaalde zichthoek detekteren. Het grote voordeel tegenover de hiervoor behandelde optische transducers, is dat deze types 'van nature uit' de bewegende levende menselijke figuur uit de achtergrond kunnen onderscheiden en dat dus lokale omstandigheden, vizuele eigenschappen e.d.m. van de ruimte waarin het systeem wordt gebruikt geen storende rol meer kunnen spelen. Pyrodetektoren zijn immers gevoelig voor infrarode stralingsbronnen, en dat zijn menselijke lichamen nu eenmaal. Voorts zijn ze in staat ook minieme temperatuurverschillen goed in een elektrische grootheid om te zetten tot op afstanden van zelfs 30meter.

Om het diskriminatievermogen ten opzichte van vaste infraroodbronnen en temperatuurvariaties van objecten te

vergroten, en de detektoren uitsluitend gevoelig te maken voor bewegingen van infrarood-uitstralende lichamen, worden twee pyrodetektoren vlak bijeen achter een lens opgesteld. Elektrisch worden ze anti-serie verbonden:



In een ruimte zonder bewegende levende wezens valt via de ene lens een gelijke hoeveelheid straling op beide sensoren, waardoor de beide ladingen elkaar opheffen en er dus tussen A en B een nul-spanning staat. Dit is ook het geval wanneer de temperatuur in de ruimte traag gaat veranderen. Vanzodra echter een stralend lichaam gaat bewegen in het blokveld van het dubbel-detektorsysteem, ontstaat er een assymetrie tussen beide ladingen, die via een komparatorschakeling een puls veroorzaakt.

*Pyrodetektoren kunnen onder meer verkregen worden bij Philips, bvb. het typenummer RPY97. Dit type bestaat uit 2 detektoren zoals hiervoor beschreven, gebufferd door een FET. (Veldeffekttransistor)*

Een eerste probleem is bij muzikale toepassing van dit type bewegingsdetektor dat de openingshoek betrekkelijk klein is. Dit wil zeggen dat slechts binnen een smalle hoek gedetekteerd kan worden. Wil men dus een breed veld bestrijken, dan moeten alvast een hele reeks van dergelijke detektoren worden toepast. Dan pas wordt ook plaatsdetektie en vandaaruit, snelheidsdetektie een realistische mogelijkheid. In alarmsystemen stelt zich dit probleem niet, en daar volstaat men ermee een gefractioneerde lens te gebruiken waardoor bewegingen in een heleboel smalle bandjes kunnen worden gedetekteerd maar niet gediskrimineerd.

VERSTRATEN, Jos 'Pyro-elektrische bewegingsdetektor' in:RB, nr. 5,1987, p. 30-32.

Voor zover wij konden nagaan werden pyrodetektoren nog niet toepast als snelheidsopnemers voor bewegingen doorheen een bepaald ruimtelijk punt. Nochtans is zoiets vrij eenvoudig te implementeren, uitgaande van het feit dat de detektor bij een aan het blikveld voorbijbewegend lichaam twee trage maar onderscheidbare pulsen afgeeft. De tijdsafstand tussen beide is een rechtstreekse maat voor de snelheid van de beweging. De uitgangen van de detektor levert echter niet direkt een bruikbaar audiosignaal. Daarvoor zijn de opgewekte signalen veel te laagfrequent. Een supplementair probleem voor muzikale toepassingen waarbij een hoge resolutie in de bewegingsinformatieverwerving gewenst is, wordt gevormd door de niet erg hoge signaal-ruisverhouding van de detektor zelf.

Tenslotte, een laatste probleempje: het gedrag van de detektor hangt nogal af van de kleding van de bewegende persoon. Het is nogal evident dat dit systeem het best werkt wanneer deze naakt is. Kledij isoleert immers de straling. (cfr. sub. 4.2)

Afgezien van onze eigen onderzoeken met deze componenten, die overigens tot op heden niet tot een publiek vertoond resultaat hebben geleid, zijn ons ook geen musici, instrumentenbouwers of komponisten bekend die van deze eerder recente technologie gebruikt hebben gemaakt binnen de muziek.

## 1.2.2.2.1.2: 'Intelligente' optische systemen

Onder deze categorie klasseren we al die systemen die op een of andere wijze van patroon-herkenning in een video-beeld uitgaan.

Een video-kamera is in wezen niets anders dan de camera obscura met fotocellenmatrix zoals we die beschreven sub 1.2.2.2.1.1.2.. Een belangrijk technisch verschilpunt is echter, dat hier in principe de verschillende pixels (beeldpunten) serieel en klokvast worden afgetast. De beeldinformatie verlaat de kamera als een reeks analoge spanningen.

*Technisch gesproken moet het onderscheid gemaakt worden tussen kameras die van het CCD-systeem gebruikmaken en inderdaad een fotoelektrisch raster bestaande uit individuele beeldpunten hebben en dat afgetast wordt, en het klassieke videokamerasysteem waarin een beeldbuis wordt gebruikt (Vidicon) die eigenlijk gedacht kan worden als een enkele fotocel, die echter via een afbuigmechanisme de achterwand van de camera obscura die elk type camera is, punt per punt aftast. Het is een technisch detail dat voor ons verhaal echter niet van belang is.*

De video-kamera laat ons op zich genomen helemaal niet toe op een intelligentere manier relevante informatie uit bewegende beeldinformatie te distileren. Daartoe wordt de uitgang van de videokamera eerst naar een geschikte analoog naar digitaal omzetter (ADC) gebracht met een voldoende hoge resolutie (4 tot 24 bits zijn technisch mogelijke waarden hoewel in dit soort toepassingen 8 bits 'flash'-konversie tegenwoordig gebruikelijk is). Eens we de beeldinformatie als een seriële en digitale informatiestroom ter beschikking hebben, kunnen we haar aan een komputer toevoeren. Deze kan de beelden opslaan in RAM-geheugen en door algoritmische vergelijking van de beeldinformatie over een sekvens beelden in de tijd, bewerkingen uitvoeren die tot relevante bewegingsinformatie kunnen leiden. Precies hier echter ontmoeten we het grootste probleem wat aan dergelijke systemen verbonden is: om uit een opgeslagen beeld relevante bewegingsinformatie af te leiden, moet de komputer zo geprogrammeerd worden dat hij de bewegende figuur als het ware uit de achtergrond kan lichten. Hij moet, geformuleerd in het technisch jargon, over algoritmes voor pattern recognition beschikken. Pas dan kan hij op grond van de transformaties van het patroon in de tijd, informatie leveren omtrent zaken als de bewegingssnelheid en de positie in de ruimte. Wanneer het programma maar voldoende kompleks is, wordt het nu zelfs mogelijk het systeem iets van perspektief aan te leren. Immers, de derde ruimtelijke dimensie is niet helemaal afwezig in het tweedimensionele beeld. Dit laatste is immers een projectie vanuit drie dimensies, waarbij de informatie uit de derde dimensie besloten ligt in patroontransformaties in de twee voorhanden dimensies.

Het allergrootste drama nu is precies gelegen in het simpele feit dat zo'n echt goed en in real-time werkend programma vandaag nog niet bestaat! Het ontwikkelen ervan vergt niet alleen bijzonder krachtige komputers, en 'frame grabbers' die weliswaar voorhanden zijn, maar bovendien ook programmaschrijvers, iets waaraan er op dit niveau een groot tekort is. In theorie hebben we alles opgelost, althans wanneer we de vele academische publikaties en kongresverslagen -waarin al te vaak meer wordt gespekuleerd dan opgelost- zouden

geloven... we moeten het alleen nog doen. In het jargon noemt men zoiets heel kleurrijk 'vapourware' in plaats van software. In werkelijkheid zijn talloze problemen op het vlak van de driedimensionele beeldherkenning nog helemaal niet opgelost en wordt hard gewerkt aan de noodzakelijke wiskundige en algoritmische technieken om dit mogelijk te maken.

*Ook de leek inzake computers zal wel al weet hebben van de stand van zaken inzake handschriftherkenning (een 2-dimensioneel probleem) en de vele problemen daarmee verbonden, aangezien 'pen-based notebook' computers nu reeds op de consumentenmarkt beschikbaar zijn.*

#### -Artistieke toepassingen:

Ondanks de moeilijkheden die de experimenteerlustige wachten op het pad van de digitale patroonherkenning, zijn er toch reeds heel wat min of meer werkende artistieke implementaties van een of andere vorm van een optisch bewegingsgestuurd instrument naar voor gebracht in demonstraties en artistieke voorstellingen.

In sommige slimme implementaties wordt het heden nog niet bevredigend opgeloste probleem van de rekonstruktie van de missende derde dimensie ondervangen door het gebruik van twee ruimtelijk onder een bepaalde vaste hoek opgestelde kameras. Uiteraard verdubbelt dit het rekenwerk voor de computers. Om dit te vermijden past men dan (minstens) twee onderling gekoppelde computers toe die enerzijds elk voor de verwerking van de beelden van 'hun' kamera instaan en anderzijds via een gemeenschappelijk kanaal voor data-uitwisseling, vergelijkende informatie kunnen doorgeven op grond waarvan inderdaad beeldinformatie in de volle drie dimensies kan gewonnen worden.

#### - Robert MULDER

Deze Canadese multi-media kunstenaar werkt sedert het midden van de jaren '80 aan audiovizuele interactieve systemen waarin gebruik gemaakt wordt van een videokamera die beelden doorgeeft aan een Amiga computer. Hieruit worden dan via komputeranalyse triggersignalen afgeleid waarmee zowel klankgeneratie als beeldprojectie worden gestuurd. Komposities waarin deze techniek wordt gebruikt zijn o.a. 'Electronic Purgatory' en 'Pentaprism', beide gerealiseerd in samenwerking met Kristi ALLIK.

#### - Simon VEITCH: "3DIS"

Deze Australische technicus ontwierp in nauwe samenwerking met enkele lokale experimentele musici, in 1988 een commercieel bedoeld toestel inkluzief software waarmee beeldinformatie kan 'gemapt' worden op als MIDI-parameters kodeerbare muzikale parameters.

*Het systeem wordt op de markt gebracht door Perceptive Systems Pty., Ltd in Sydney, Australie. Het bestaat hardware-technisch gezien uit twee video-kameras, een heel snelle video-frame grabber die in een computer als insteekkaart wordt aangebracht, en een 'gebruikersvriendelijk' software-pakket.*

*Cfr.: BURT, Warren "The 3DIS System", in: Sounds Australian, #19, Sydney 1988, p. 28-33.*

Via het komputerver-Interface moet de gebruiker een of meerdere gebieden van het video-beeld aanduiden. Dit gebeurt met de muis. De software zal dan alleen rekening houden met veranderingen in de beeldinformatie binnen het aangeduide gebied. Op deze wijze wordt het probleem van de patroonherkenning voor het grootste deel omzeild door het naar de gebruiker toe te schuiven. Het systeem analyseert de binnenkomende beelden 30 maal per seconde en vergelijkt hen onderling. Hieruit kan bewegingsinformatie worden afgeleid. Om ook de ruimtelijkheid in het analyse-proces te betrekken, wordt hier van een tweede camera gebruik gemaakt. Het systeem maakt gebruik van de lichtintensiteitsvariati es die bij beweging optreden en is dus erg gevoelig voor snel veranderende lichtomstandigheden. Trage variaties worden uitgemiddeld, omdat steeds van beeldvergelijking en niet van absolute beeldinhoud gebruik gemaakt wordt. De Australische komponist Warren BURT heeft van dit systeem meer dan wie ook in zijn werk gebruik gemaakt.

*Een groot high-tech klankinstallatieproject 'Sensus' werd opgezet voor Expo'88 in Brisbane in 1988, verder zijn er de komposities 'Musical Chaoology' (1988), 'Enough!' (1989), 'For Percy Grainger and Burnett Cross' (1990), 'Inside Out' (1991), 'Random' (1991) e.a.*

Naar aanleiding van zijn poging om met '3DIS' een onzichtbaar slagwerkinstrumentarium te implementeren, geeft hij zelf volgende evaluatie:

*It was here that the limitations of the system were most apparent. One of the problems of working with invisible areas of space as sound triggers in comparison with making music with physical objects is the lack of kinesthetic feedback. Even the most insensitive synthesizer or organ keyboard allows one to feel physical contact when a sound is produced. "Inside/Out" allowed us to explore the contradictions inherent in triggering percussive sounds with non-percussive gestures, making a dance/music which turned the seeming contradictions and limitations of the system into artistic assets.*

*Cfr. BURT, Warren "Experimental Music in Australia using Live electronics", London, 1991, p.171.*

Burt deelt hier duidelijk ons principi eel bezwaar tegen een positionele implementatie van een onzichtbaar instrumentarium. Onze bezwaren zijn echter diepgaander dan alleen dit aspect: in deze implementatie is er bovendien geen enkel verband tussen motorisch-expressieve eigenschappen van de beweging en de klank. De 'mapping' naar klanken is volkomen arbitrair en konventioneel.

*In het Australische tijdschrift 'Writings on Dance', (Melbourne, autumn 1990) verscheen naast een beschrijving van het systeem door Warren Burt ook een reeks interviews met de dansers die de komposities die werden geschreven voor het instrument uitvoerden. (p.38-49) Ook zij drukken daarbij heel wat bezwaren uit tegen de ergonomie van het systeem. Citeren we bvb. Staehli: 'A difficulty I experienced was that movement quality did not affect sound quality in any way'. (p.45)*

Een in hoge mate gelijkaardig systeem kwam ook in Nederland tot stand en werd gebouwd en ontwikkeld door Fred Kolman onder de name "Kolmans Cube" (1988).

*We zagen en evalueerden dit systeem waarin twee videokameras gebruikt worden, op 18 juni 1988 in het Zeebelt theater, Den Haag, Nederland. Alleen al het feit dat de opstellingstijd en de afregeling van het gebruikte systeem zo'n 6 uren in beslag neemt is veelzeggend.*

- Zbigniew KARKOWSKY

Deze Poolse experimentele muzikus brengt sedert eind 1992 live-performances waarin de motoriek van de speler een dominante rol speelt. Daarvoor ontwikkelde hij een systeem binnen hetwelk hij naar eigen zeggen, zowel als komponist, als uitvoerder of als dirigent gelijktijdig actief kan zijn en dit zonder daarom via kabels of enig andere materiele koppeling, verbonden te zijn met enige andere apparatuur.

In zijn opzet worden infrarood-zenders en ontvangers om de positie en snelheid van de bewegingen om te zetten in data die in real-time gebruikt worden om klanken op te wekken. Het systeem is minder 'dom' dan de hiervoor beschreven systemen waarbij alleen lichtbundels worden onderbroken, en dankt zijn werking voor het grootste stuk aan het feit dat de detektors via een komputer met de klankgeneratoren verbonden zijn, en dat de komputer snelheidsinformatie uit de lichtbundelonderbrekingen kan afleiden. In wezen is en blijft ook dit echter een volstrekt positioneel systeem.

Cfr. KARKOWSKY, Zbigniew   koncert van 10/02/1993, Amsterdam,  
Sweelinck Conservatorium.



### 1.2.2.2.2.: Elektrische systemen

#### 1.2.2.2.2.1.: - capacitieve & inductieve systemen

Kapacitieve systemen zijn al die systemen waarbij het bewegend lichaam wordt gebruikt als 'onderdeel' van een elektronische schakeling, meer bepaald uitgaand van het feit dat de nabijheid van een lichaam bij een elektromagnetisch stralende resonantiekring, de resonantiefrekwentie van deze kring beïnvloedt. Een elektrische kring is stralend wanneer hij een deel van de toegevoerde elektrische energie omzet in elektromagnetische straling. Dit is typisch het geval bij antennekringen van eender welk type radiozender.

We vermelden capacitief en inductief samen, omdat ze ten overstaan van ons probleem precies hetzelfde effect resorteren. Een resonantiekring bestaat steeds uit een capacitieve en een inductieve komponent. Beide komponenten zijn elkaars antipoden in de elektronika, zoals blijkt uit de formule voor resonantie van een L-C kring:

$$f = 1 / \{2 * \pi * [(L * C) ^ (1 / 2)]\}$$

De ontdekking van dit feit heeft aanleiding gegeven tot de bouw van heel wat elektronische muziekinstrumenten, zoals het Trautonium, de Ondes Martenot, de Theremin ... Dit laatste instrument gaan we hier iets verder analyseren, gezien het sterke verband met ons onderwerp: het wordt immers ook op afstand bespeeld.

De Theremin, ook soms Thereminovox genoemd, en ten tijde van zijn uitvinding voorgesteld als 'Etherfoon' mag wellicht gelden als een der oudste elektronische muziekinstrumenten.

*Thaddeus CAHILL's 'Dynamophone', waarnaar Feruccio Busoni verwijst in zijn 'A New Aesthetic of Music' uit 1907, maakt gebruik van elektromagnetische toonopwekking, maar wordt niet gerekend tot de elektronische instrumenten in strikte zin. De vacuüm-buis, zomin als de luidspreker waren toen reeds uitgevonden.*

*Rond dezelfde tijd als de Theremin verscheen ook van Jörg MAGER een instrument genaamd 'Spherophon' (1924), later verbeterd en gedemonstreerd onder de naam 'Partiturophon'(1931) . Deze uitvinding betrof echter wezenlijk een klavierinstrument met voor die tijd gesofistikeerde mikrotonale mogelijkheden. Het was overigens net zoals de Theremin gebaseerd op verschiltönen vanuit het radiofrequentie-gebied.*

Toeval of niet, het gaat in zijn ontwerp meteen in de richting die van deze studie het onderwerp vormt: het is een instrument dat zonder fysisch contact bespeeld dient te worden. Daarom gaan we er hier iets uitvoeriger op in.

Volgens de opzoekingen van Hugh Davies zou de Theremin zijn gebouwd en uitgevonden in 1920 in de toenmalige USSR. In 1927 demonstreerde de Rus Lev Termen (later verfranste hij zijn naam tot tot Léon Thérémin) (geb. 1896) in zowat alle grote hoofdsteden ter wereld zijn Theremin in een poging het instrument in de muziekwereld ingang te doen vinden.

Het instrument bestaat uit twee in principe gelijke, maar muzikaal anders gebruikte schakelingen. Een eerste wordt door

bewegingen van de rechterhand geactiveerd en bepaalt de voortgebrachte toonhoogte als een continue variabele. Een tweede wordt door de linkerhand gestuurd en bepaalt de geluidssterkte van de voortgebrachte toon. De klankleur, in de mate waarin daaraan wat te controleren viel, diende via een knop-regelaar gecontroleerd te worden. Veel meer dan een low-pass filter hield dit echter niet in.

In 1929 werd het instrument door RCA-Victor Corporation op de markt gebracht. De commerciële kontekst waarin dat gebeurde was echter wel betekenisvol: het instrument werd immers op de markt aangeboden samen met een grammofoon evenals enkele grammofoonplaten. De bedoeling was dat de koper via zijn Theremin met de platen zou meespelen. Een soort 'music-minus-one' avant la lettre dus. Toen reeds zag men er dus een middel in waarmee het musiceren makkelijker en toegankelijker kon worden gemaakt.

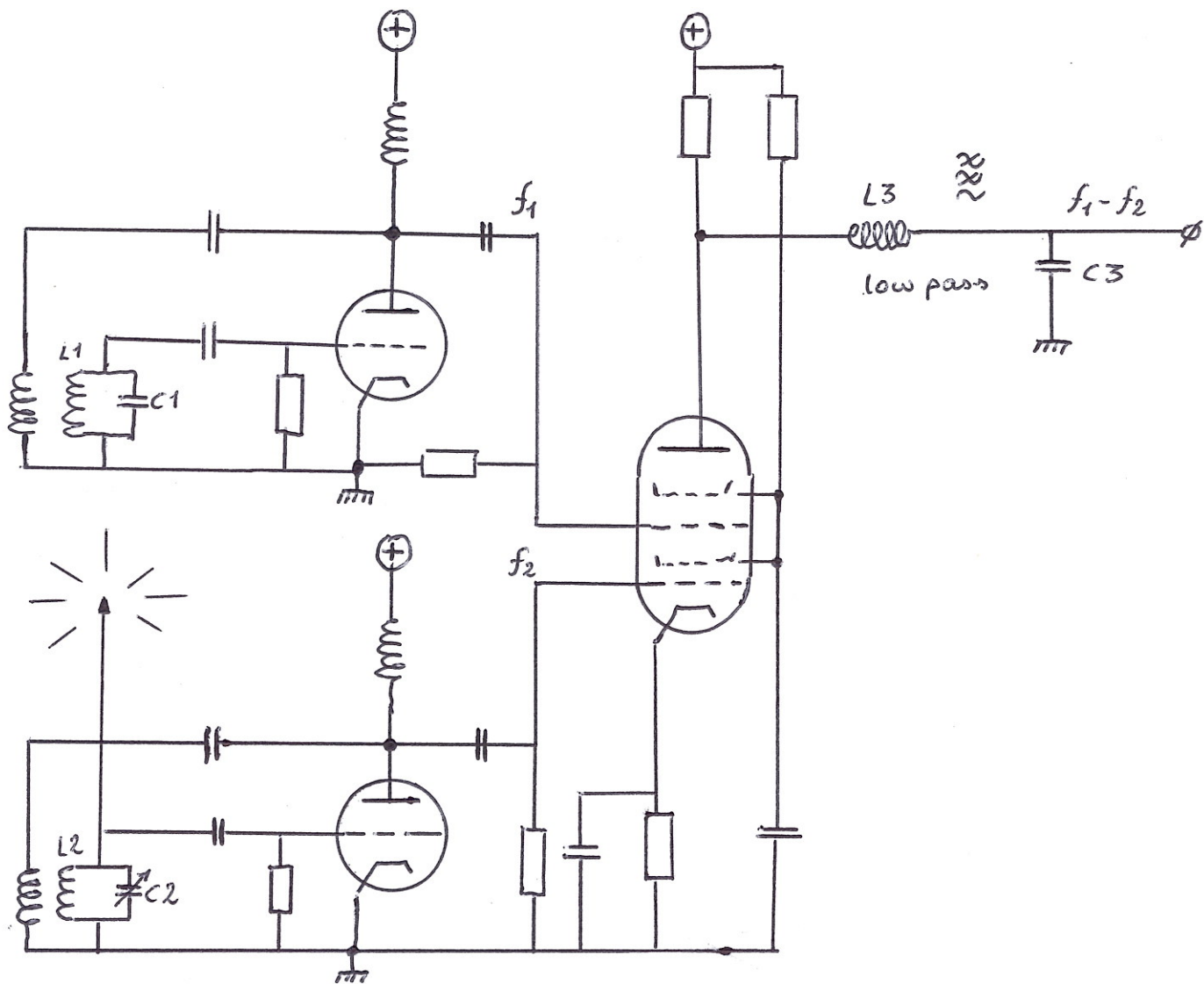
In 1929 verscheen tevens de eerste ernstige muzikale kompositie waarin van het instrument gebruik wordt gemaakt: de 'First Airphonic Suite' van Joseph SCHILLINGER.

Uitvoeringstechnisch gezien bleek het instrument evenwel helemaal niet zo makkelijk te bespelen te zijn. Integendeel, het bleek nog onhanteerbaarder dan de viool. In eerste plaats het toontreffen via een instrument dat eigenlijk geen enkele positionele of fysieke referentie geeft aan de speler, bleek onoverkomelijk.

*In 1933 bouwde TAUBMANN de 'Electronde', grotendeels naar eenzelfde technische werkingsprincipes. Interessant is ook dat Robert Moog, in de periode '56-'65 ook een vijftal verschillende versies van de Theremin op de markt bracht, dit als een soort 'vingeroefening' voor zijn latere analoge synthesizers.*

De werking laat zich het makkelijkst beschrijven op grond van het principiële elektrische schema dat eraan ten grondslag ligt:

*Voor de rekonstruktie van dit elektrotechnisch schema hebben we gebruik gemaakt van het werk van Heinz RICHTER, "Elektroakustik" uit 1954, een werk dat uitstekend bronmateriaal levert voor de studie van de allereerste elektronische muziekinstrumenten.*



1.2.2.2.2.1

Bespreking van de principe-schakeling van de Theremin:

a. Toonopwekking

De beide triode-buizen vormen quasi identieke hoogfrequentgeneratoren afgestemd via een LC-kring in het roostercircuit op ca. 300kHz. ( $f_1$  en  $f_2$ ). De voor een oscillator noodzakelijke meekoppeling geschiedt via een tweede wikkeling op de spoel, AC-gekoppeld naar de anodes. De antenne waarmee een van beide oscillatoren is uitgerust, maakt deel uit van de capacitieve komponent van de LC-kring. Door deze antenne te naderen wordt de capaciteit gewijzigd en wordt de betreffende oscillator dus verstemd ten opzichte van de andere.

De beide oscillatorsignalen -die dus qua toonhoogte ver boven het audio-bereik vallen, worden via AC-koppeling naar een mengbuis schakeling gebracht (hexode). Op de anode van deze buis verschijnen alle som en verschilsignalen tussen  $f_1$  en  $f_2$ . De som-komponenten vallen a fortiori buiten het audio-bereik, en worden weggefilterd via het laag-doorlaatfilter LC aan de audiuitgang van het instrument, waarop we dus alleen de verschilltonen aantreffen. Wanneer de met de antenne uitgeruste oscillator verstemd kan worden van 300kHz tot 310kHz, dan laat het instrument ons een toonhoogtebereik van 10kHz toe, wat overeenkomt met zo'n 9 oktaven...

De antenne waarmee de toonhoogte geregeld wordt is een verticale sprietantenne.

b. Amplitude regeling

Ook voor de amplitude regeling wordt van een gelijkaardige schakeling gebruik gemaakt, zij het dan dat hierbij het uitgangssignaal  $f_1-f_2$  wordt geïntegreerd en gelijkgericht, en dan verder gebruikt voor de amplitudemodulatie van het eerste signaal in de versterkertrap. Overigens spreken verschillende bronnen zich wat dit aspect betreft enigszins tegen. Bekend is echter dat Theremin verschillende versies van zijn instrument heeft gebouwd. Volgens sommige bronnen wordt de amplitude van het instrument geregeld middels een voetpedaal (een potentiometer gebruikt als mechanische volumeregelaar dus) terwijl het in en uitschakelen van de noten verloopt via een handschakelaar.

Bij die versies die van een afstandssturing van de amplitude gebruikmaken, gebeurt dit via een raamantenne (een lus) die benaderd wordt door de linkerhand.

Bijna alle latere van deze voor-oorlogse elektronische muziekinstrumenten zijn weer 'klassieke' impakt-instrumenten: het Trautonium, de Ondes Martenot (1928), het 'Mellertion', 'Dynaphone', 'Emicon', 'Hellertion', 'Wurlitzer-piano' ... met uitzondering dan van het 'Croix Sonore', een instrument waarmee de Fransman van Russische afkomst Nicholas Obouhof in 1934 de Theremin-vondst nogmaals dunnetjes overdeed. Hij blies immers eigenlijk alleen de afmetingen van het instrument op (de antenne of voelspriet werd hier een kruis ca. 1m25 hoog, geplaatst op een bol van 60cm doorsnede).

cfr.: SCHOLÉS, Percy, "The Oxford Companion to Music", p.320-326)

Klaarblijkelijk, eens de fase van de verwondering over de principes en mogelijkheden inzake elektronische toonopwekking voorbij, hebben de op vernieuwing gerichte instrumentenbouwers uit het interbellum zich verder nog hoofdzakelijk beziggehouden met het probleem de nieuwe instrumenten kwa bespelingswijze zoveel mogelijk te doen lijken op hun akoestische tegenhangers.

Evident is dit alleszins niet, want men had evengoed precies de nieuwe muzikale en bespelingsmogelijkheden die elektrische en elektronische klankopwekking nu eenmaal te bieden heeft, als vernieuwingselement kunnen exploiteren. Onderzoek en resultaten in die richting zijn er evenwel pas gekomen in de periode kort na de tweede wereldoorlog, meer bepaald bij het ontstaan van de studios voor elektronische muziek in Duitsland. Echter, in plaats van de bespeling van de nieuw aangeboorde geluidsbronnen soepeler te maken, ging het daarbij precies in de omgekeerde richting: toonband manipulatie, de technische basis van de eerste elektronische muziek, was nu uitgerekend zowat het minst direkte en meest afstandelijk middel om met het elektronisch verwekte klankmateriaal om te gaan. De 'ernst', het niet-spelen, de totale afwijzing van elke spontane instrumentale inzet, stond klaarblijkelijk voorop. Het mag gelden als een illustratief symptoom voor de gehele cerebrale estetik waarbinnen het toenmalige serialisme zich beschreven wilde zien.

Evaluatie van de Theremin als muzikaal werktuig:

De Theremin is weliswaar een bewegingsgestuurd muziekinstrument, maar de aard van die beweging is allesbehalve vrij. In eerste plaats zijn de bewegingsparameters beperkt tot één: de afstand van het lichaam (hand en voorarm) tot de antennes. Dat de hoek hierbij geen rol speelt, moet in dit geval en dit in tegenstelling tot de meeste optische systemen, als een voordeel gezien worden. Voorts hebben identieke bewegingen een totaal verschillend muzikaal effect naargelang ze tegenover de horizontale dan wel de verticale antenne worden uitgevoerd. Immers het instrument laat via beweging slechts de controle van twee muzikale parameters toe: toonhoogte en luidheid. Dat deze parameters zo volstrekt onafhankelijk worden behandeld heeft iets wat vanuit werktuigkundig oogpunt gezien, erg onlogisch is.

Alle akoestische instrumenten waarbij de speler rechtstreeks met de klankbron in contact staat (blaasinstrumenten vooral) hebben een intrinsiek verband tussen hoge klanken, luidde klanken en grote inspanning van de speler. Hier gebeurt alles echter volstrekt onafhankelijk, wat een grotere beheersing eist en een kleinere spontaniteit in de omgang ermee en de bespeling ervan met zich brengt. Het is dan ook een duidelijk positioneel instrument, en we zouden het dan ook beter een afstand- of positie-gestuurd instrument noemen dan wel een bewegingsgestuurd. Immers, het is voor cirkel- of bolvormige beweging waarbij de afstand tot de antenne immers gelijk blijft, volkomen ongevoelig.

Hiermee raken we tevens ook de kern van het bezwaar dat tegen het instrument kan worden aangevoerd: het is niet gevoelig voor de energie die de speler in de beweging investeert. Het werkt niet als een 'vertaler' van de expressieve aspecten van de beweging naar muzikale parameters. Ook het feit dat het alleen gevoelig is voor de beweging van die lichaamsdelen die zich het

dichtst bij de antennes bevinden, beperkt het gebruik als een werkelijk goed werktuig voor muzikale expressie.

1.2.2.2.2.: - elektromagnetische radar systemen

1.2.2.2.2.1.: - klassieke puls radar

Het begrip radar zal allicht eenieder die zich ons onderwerp voor de geest haalt te binnen schieten. Immers wordt radar niet uitgerekend gebruikt om voorwerpen vanop afstand te detekteren ook wanneer ze zich volkomen aan het optische zicht onttrekken?

Laten we de potentiële mogelijkheden even overlopen.

Radar is afgeleid van Radio

Detection

And

Ranging, wat reeds heel veel zegt over het technisch opzet van de uitvinding, die dateert van omstreeks de tweede wereldoorlog. Het systeem werkt in principe heel eenvoudig: een sterk gerichte antenne voor elektromagnetische golven (parabool) zendt een pulstrein uit. Wanneer zich binnen de focus van de antenne een objekt bevindt dat elektromagnetische golven reflekteert, dat komt deze reflectie als een echo-sigitaal terug de antenne binnen. Uit de positie van de antenne (2 dimensies: horizontale en verticale hoek) kan de juiste richting waar het objekt zich bevindt worden afgeleid. Uit de tijd tussen het uitzenden van de pulstrein en het terugkomen ervan, kan de afstand tot de antenne worden afgeleid:

$$R = (t * c) / 2,$$

waarin:                    c = de lichtsnelheid, 2.99E8m/s  
                               t = tijd in sekonden  
                               R = afstand in meter

Wanneer het objekt in beweging is, dan kan bovendien ook de snelheid van de beweging ervan worden afgeleid uit een eventuele Doppler-verschuiving van de frekwentie van het echo-sigitaal:

$$v_b = (f_{diff} * c) / 2 * f_c$$

Samen met deze twee extra dimensies wordt het radar-perceptiesysteem dan ook steeds beschouwd als vier-dimensioneel. De radar-antenne is meestal beweeglijk opgesteld, wanneer men tenminste niet alleen maar geïnteresseerd is in een objekt op één enkele positie in het verlengde van het brandpunt van de antenne, zoals bij toepassingen voor vele inbraakalarmsystemen het geval is.

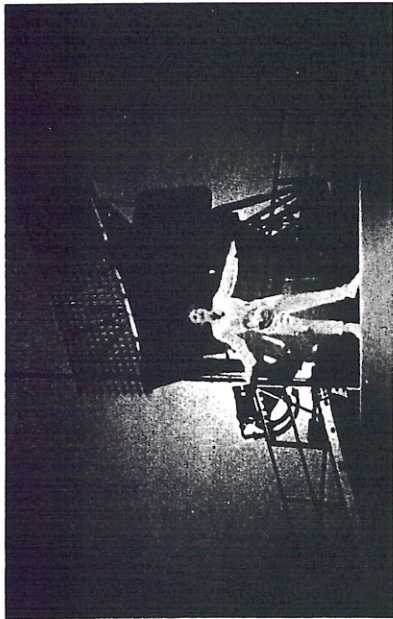
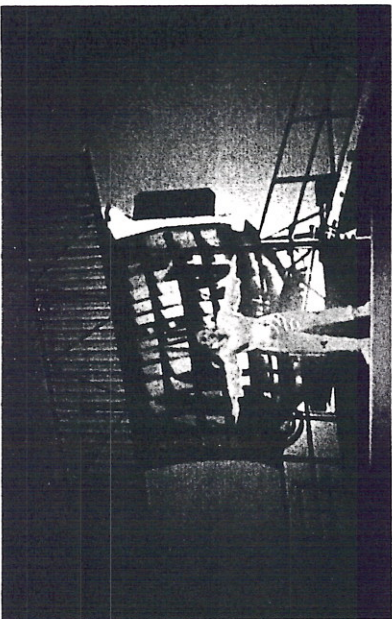
Voor radar kunnen in principe elektromagnetische golven gebruikt worden vanaf zo'n 30MHz (de VHF-band) tot zo'n 40GHz en hoger (de millimeter-golven). In de meeste toepassingen echter wordt het mikrogolfgebied gebruikt. Het bereik van radar is omgekeerd evenredig met de gebruikte frekwentie. De directionaliteit neemt echter toe met de frekwentie evenals het oplossend vermogen.

Rekening houdend hiermee en met onze bedoeling, het detekteren van menselijke bewegingsparameters en dit op korte afstand, moeten we een hoge frekwentie gebruiken. Nu is deze eis strijdig met de vereiste openingshoek (de 'zichthoek') van het systeem, want die is voor de frekwentiegebieden die in aanmerking komen beperkt tot ongeveer 1 graad! Om deze zichthoek te vergroten, moeten we dus de antenne (die op zich al niet zo klein is) gaan bewegen ('scannen') om er het gebied waarin het lichaam beweegt af te tasten. Dit kan echter slechts mechanisch gebeuren, en is dan ook heel beperkt naar haalbare aftastingsnelheid (scan-frekwentie). In de praktijk zouden we heel wat relevante bewegingsinformatie kwijtspelen, wanneer deze voorhanden is op een moment dat de antenne net ergens anders gericht staat. Met video-kameras stelt zich dit probleem niet, omdat daar elk pixel van het gehele beeld in geheugens kan worden opgeslagen en het gehele beeld ettelijke malen per seconde wordt ververst. De scanning vraagt hier immers geen mechanisch bewegende delen.

Cfr. WARD, Harold R., "Radar Technology" in: FINK & CHRISTIANSEN, "Electronics Engineers' Handbook", 1989, p.25.35 - 25.76

Een tweede probleem waarmee we te maken krijgen bij gebruik van een klassiek radarsysteem voor de implementatie van een non-impakt bewegingsgestuurd muziekinstrument, is dat het -net zoals een optisch systeem- verstoord wordt door alle objecten die zich in het zicht van de antenne bevinden. Nu zouden we dit theoretisch gezien wel kunnen elimineren op grond van het feit dat stilstaande objecten geen Dopplerverschuiving van het spektrum te zien geven, maar dan hebben we beslist reeds een signaalverwerkend computersysteem nodig. Immers alle echo's die niet binnen de gewenste afstand vallen moeten genegeerd kunnen worden, wat niet zomaar via een gewoon filtertje o.i.d. gerealiseerd kan worden.

Een bijzonder sterke *suggestie* van een artistieke toepassing vinden we in de film "Home of the Brave" van Laurie Anderson (1986), in de scene met de voor de hand liggende naam 'Radar', waarin Anderson staat opgesteld vlak voor een reusachtige draaiende radarschotelantenne en onder andere een onzichtbare viool bespeelt. Uit onze contacten met haar technicus (Bob Bielecki) weten we echter dat alles hier slechts op suggestie en typisch filmische leugen berust.



**RADAR**



## 1.2.2.2.2.2.: - Doppler-radar

Een en ander impliceert evenwel niet automatisch dat het gebruik van elektromagnetische golven voor ons doel uitgesloten moet worden. Wat wél nagenoeg uitgesloten is, is het gebruik van een klassiek radarsysteem werkend met pulstreintjes zoals Laurie Anderson dit toont.

Er zijn echter wel degelijk nog andere mogelijkheden. Zo kunnen we bijvoorbeeld elektromagnetische golven die door het lichaam gereflekteerd worden als een continu signaal uitzenden en de Doppler-verschuiving van de reflectie als drager van relevante informatie verder hanteren.

Wanneer we zouden willen dat deze Doppler-frekwenties voor realistische bewegingssnelheden in het audio-gebied (20-20000Hz) vallen, moeten we elektromagnetische golven gebruiken binnen het frekwentiegebied 3 - 600GHz.

Immers:

als de verschiltonen aan de voorwaarde moeten voldoen dat

$$20\text{Hz} < f_{\text{diff}} < 10\text{kHz}$$

en aangezien

$$f_d = [f_z * (2 * v_b)] / c$$

terwijl de maximale realistische bewegingssnelheid van de ledematen zowat 5m/s is ( $v_b$ ) komen we uit op een maximale bruikbare zenderfrequentie van 600GHz.

Modules die wel kunnen gebruikt worden voor Doppler-shift detektie gebruik makend van elektromagnetische golven in het mikrogolfgebied kunnen verkregen worden voor de frequentie 10.69GHz onder het type nummer CL8960. Deze frequentie valt in de zogeheten X-band, de laagste frequentieband die voor ons doel in aanmerking lijkt te komen. Gebruik makend van deze draaggolffrequentie, levert ons dit een audio-verschiltonebereik op van 0 tot 340Hz.

Afzonderlijke (zonder ingebouwde mixer dus) X-band Gunn-diodes die als zelf-oscillerende mixer-detektor kunnen worden gebruikt zijn leverbaar onder het typenummer CL8630S (10.687GHz).

Wij hebben de mogelijkheden van beide types onderzocht en geëvalueerd met het oog op de mogelijkheden voor het ontwerpen van een non-impakt muziekinstrument. Graag hadden we de proeven gedaan met signaalbronnen in het 20-100GHz bereik, maar de nodige componenten bleken niet leverbaar aan particulieren. Er zijn allerlei handelsbeperkende maatregelen op van kracht. Vergeten we niet dat dit soort technologie (en eigenlijk heel veel van de in deze studie behandelde technologie) in de hoge mate voor militaire (agressieve zowel als defensieve) doeleinden wordt gebruikt...

*Dit feit werd me bevestigd door vele kollegas (o.a. Alec Bernstein, Joel Ryan, Larry Wendt, Ron Kuivila, Alvin Lucier) die zich aan experimenten binnen het brede domein van de bewegingsdetektie hadden gewaagd. De componenten en ook de literatuur bleek voor een groot deel onbeschikbaar, want in handen van militaire onderzoeksinstituten en laboratoria. Dit geldt zowel voor de hier beschreven Radar-technologie, de infrarood-technologie als voor een groot deel van de geavanceerde ultrasoon-technologie die verder uitvoerig aan bod komt.*

## 1.- CL8630S

Dit onderdeel vraagt een voedingsspanning van 7 Volt, het afgegeven mikrogolfvermogen is 8.0mW volgens de opgave van Philips.

Cfr. Philips Databook, volume T11, 1986, p.195-200. De gegevens en toepassingsnota werden gepubliceerd in 1982.

De in de Philips gegevens vermelde bijhorende exponentiele hoornantenne die we graag hadden willen gebruiken, bleek niet leverbaar te zijn.

## 2.- CL8960

De module vraagt eveneens een voedingsspanning van 7Volt, waarvan niet meer dan 100mV mag afgeweken worden. De opgenomen stroom is 14mA en het afgegeven mikrogolfvermogen is 10mW. De module is opgebouwd uit een Gunn-diode oscillator evenals een mixer-kaviteitsresonator waarin de uitgezonden en de gereflekterde golf rechtstreeks tot een in het audio-gebied vallende verschilfrekwentie worden omgezet. Verder is het onderdeel voorzien van een mikrogolfantenne met een winst van 5dB.

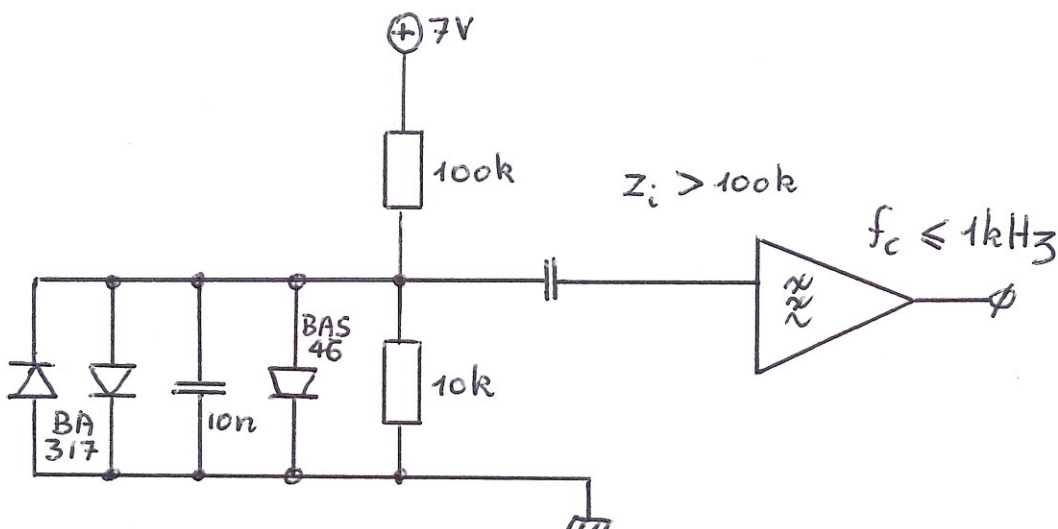
De gevoeligheid is voldoende groot om een bewegende mens tot op een afstand van 10 meter te detekteren.

*De naam Gunn-diode heeft helemaal niets te maken met het Engelse gun en dus evenmin met militaire toepassingen op zich zoals wel eens wordt gedacht. Hij is afkomstig van de uitvinder van dit type diode, de Amerikaanse radarspecialist Gunn.*

De technische specificatie opgegeven door Philips (Databook T11, Electron Tubes, Microwave diodes and sub-assemblies uit 1986, p.45-50) stelt dat een voorwerp met een radar-detekteerbaar oppervlak van  $1m^2$  op 15meter afstand een weerkaatst signaal oplevert met een amplitude 100dB beneden die van het uitgestraalde signaal ( $P=10mW$ ). Hierbij is de haalbare signaal-ruisverhouding dan 18dB.

De schakeling van de mikrowave module ziet eruit als volgt:

*De BA317 diodes zijn essentieel voor de bescherming van de Gunn-diode zelf. Deze laatste gaat immers stuk bij eenvoudige aanraking, wanneer het lichaam niet deugdelijk is geaard en op 0-potentiaal gebracht tegenover het lichaam van de behuizing.*



Artistieke bestaande toepassing en realisatie:

## - Jerry HUNT

Jerry Hunt mag beslist gerekend worden tot het kleine groepje werkelijk vooraanstaande experimentele komponisten uit de Verenigde Staten. Hoewel veel van zijn kompositorisch werk wel degelijk op klassiek notenpapier bestaat, (hij is trouwens een gevormd klassiek pianist) ligt zijn grootste originaliteit op het gebied van wat al eens de *apparatieve multi-media* wordt genoemd.

*De term kwam zo'n beetje in voege naar aanleiding van de publikatie van het boek 'Apparative Kunst' (Franke, H.W. & Jäger, G.) in de DuMont Dokumente reeks in 1973.*

Hunt's werk als komponist-performer, wanneer hij dus zelf concerten geeft met zijn eigen werkstukken, is in hoge mate magisch en ritueel. Bij hem wordt veel van dat magische precies bereikt door gebruik te maken van allerlei door hemzelf gebouwde technologische snuffjes. Deze worden echter voor het publiek verborgen gehouden. Helemaal het tegenovergestelde dus van de technomanie die veel van het werk dat uit het IRCAM voortkomt typeert.

We hebben verschillende van zijn voorstellingen meegemaakt en hadden de kans herhaaldelijk met hem samen te werken... Zo hebben we vele van zijn 'geheimen' weten te achterhalen. De magie van vele van zijn rituele voorstellingen en ook van enkele van zijn 'audio-art' installatieprojekten, berust op het gebruik van microwave bewegingsdetektiesystemen in combinatie met zelf ontworpen komputerbesturingssystemen. Zijn detektoren sturen echter nooit rechtstreeks klanken maar wel grotere kompositorische gehelen zowel op het auditieve als op het vizuele vlak. Daartoe maakt hij gebruik van een reeks door de komputergestuurde videorecorders waarbij de stuursignalen afgeleid worden van de bewegingsdetektoren. Zijn 'instrument' zou dus eigenlijk eerder een multi-media instrument moeten heten dan wel een muziekinstrument strictu sensu. De mogelijkheden van zijn apparatuur lijden in eerste plaats aan de traagheid van de reactie op de bewegingen, een traagheid die nu eens niet een gevolg is van de gebruikte bewegingsdetektie-technologie noch van de gebruikte computers maar wel van de traagheid verbonden aan het gebruik van al bij al mechanische videorecorders als opslagmedium voor zowel beeld als klankinformatie.

Weze terloops en volledigheidshalve opgemerkt dat Jerry Hunt, naast microwave technologie, ook optische sensors gebruikt in vele van zijn projekten.

*Jerry HUNT was reeds verschillende malen te gast in Gent en Brussel. De laatste keer was hij in Gent in april/mei 1988.*

*Cfr. HUNT, Jerry "Birome(Zone): Cube(Frame)", Middelburg, 1988.*

### 1.2.2.2.3.: Akoestische systemen (Sonar)

Aangezien we op de werking van deze systemen in ons verder onderzoek (hoofdstuk 2) diepgaand zullen ingaan, volstaan we hier met een uiterst sumiere inleidende beschrijving.

#### 1.2.2.2.3.1.: - Ultrasonische afstandsmeters

Het principe van de ultrasonische afstandsmeter is wiskundig gezien identiek aan dat van de klassieke radar. Het belangrijkste verschil is dat hier geen gebruik wordt gemaakt van elektromagnetische golven, doch uitsluitend van ultrasoon geluid. Afstandmeting met ultrasonen geschiedt dan ook volgens het principe van de pulstreintjes waarbij het tijdsverschil tussen het uitzenden en de ontvangst van de echo een maat is voor de afstand tot de ontvanger van het gedetekteerde object of lichaam.

Industriële toepassingen vinden we onder meer in de automatische scherpstelling die door Polaroid gepatenteerd werd voor autofocus fotokameras. De afstand tot het object dat zich voor het centrum van de frontlens bevindt wordt elektronisch overgebracht op het mechanisme dat de tubus-lengte van de kamera regelt, en dus de focus van het objektief.

#### 1.2.2.2.3.2.: - Ultrasonische Doppler systemen

Het principe van een ultrasoon Doppler systeem is, ook weer louter wiskundig gezien, identiek aan dat van de elektromagnetische Doppler-radar systemen. Hier gaat het echter technisch gesproken om geluid, en wordt de frekwentieverhuizing tussen uitgezonden en ontvangen signaal gebruikt als maat voor de snelheid van de beweging van het lichaam. In principe verkrijgen we dus een elektrisch analoog signaal, dat echter -zoals we verder uitvoerig zullen aantonen- bijzonder kompleks is samengesteld. Dit verklaart allicht waarom het systeem praktisch gesproken eigenlijk bijna uitsluitend voor alarmen gebruikt werd.

Een van de oudste artistieke -zij het niet muzikale- toepassingen die we konden terugvinden is van Kurt F. LAUCKNER uit 1976, die een installatieproject beschrijft (of het beschreven project ooit effectief heeft gewerkt en werd gerealiseerd konden we niet natrekken en we hebben wel enkele redenen om eraan te twijfelen) waarin namaak-vogeltjes wegvliegen uit namaak-bomen wanneer ze door toeschouwers worden benaderd. Lauckner beschrijft in één zin, en dus zonder veel technisch detail, hoe dit door gebruik te maken van een ultrasoon inbraakalarm zou kunnen gerealiseerd worden. In latere projecten is hij overgegaan naar het gebruik van infrarood sensors voor de besturing van zijn installatieprojecten.

Cfr. LAUCKNER, Kurt F. "Microprocessors and intelligent sculpture", p.102-104 in: LERVITT, Ruth (Red.) 'Artist and Computer', 1976.

Hoewel alle artistieke toepassingen, met uitzondering van die van Dieter Trüstedt, waarbij het ultrasonische signaal als een continue veranderlijke wordt gebruikt, tot bewijs van het tegendeel, dateren van ná onze eigen bescheiden realisaties op dit vlak, zoals we die beschreven hebben in hoofdstuk 2, willen we hier toch een overzicht geven van enkele van de diverse thans

in artistiek gebruik zijnde systemen.

Daarbij gaan we een onderscheid maken tussen systemen waarbij de beweger een transducer (zender of ontvanger) op zich draagt enerzijds en de zuiver draadloze systemen en systemen waarbij de speler helemaal niets op of aan zich bevestigd hoeft te hebben.

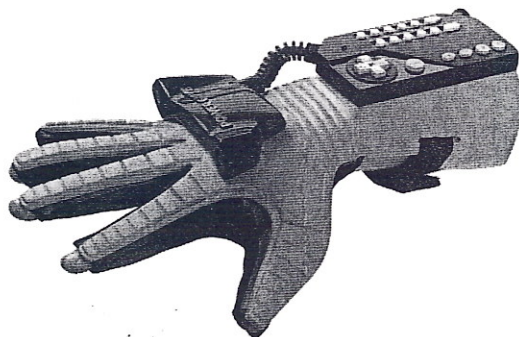
1.2.2.2.3.3.: Niet geheel kontaktloze ultrasone systemen

1.2.2.2.3.3.1: - De 'Power Glove'

In 1989 verscheen op de Amerikaanse speelgoedmarkt -van oudsher zo'n beetje de ultieme bestemming voor vele elders onsuksesvolle of niet langer succesvolle technologisch-industriële produkten- een tuig gefabriceerd door Mattel Inc. in de produktiereeks 'Nintento' onder de naam 'Power Glove'. Mattel Inc. is als bedrijf vooral actief op de markt van de video-spelletjes voor kinderen en onvolwassen ouderen. Deze 'Power Glove' kon als 'controller' worden gebruikt voor de video-spelen die met het epiteton 'virtual reality' waren uitgerust. Het is een soort handschoen, waarbij de vingers individueel voorzien zijn van vier elektrische rekstrookjes (materiaal waarvan de elektrische weerstand verandert in functie van de mechanische vervorming of 'rek') en, en vooral hierom intrigeerde het speeltuig ons, van een ultrasoon transducer.

*De vingers waarvan de bewegingen gekapteerd worden zijn de duim, de pink, de wijsvinger en de middelvinger. De ringvinger -bij de meeste mensen de motorisch minst ontwikkelde vinger- wordt dus niet gebruikt.*

De handschoen wordt -via een betrekkelijk gekompliceerde interface schakeling- aangesloten op de spelletjes-computer en laat de speler toe het spel te spelen door in de richting van het beeldscherm (een gewoon TV-toestel) te wijzen, te slaan, te sturen, te stampen etc... Kortom, het werd voorgesteld als een alternatief voor de bekende 'joysticks' met 'vuurknoppen' waarmee bijna alle computerspelen normaal zijn uitgerust.



Vanuit ons perspektief zag het ding er een mogelijke oplossing uit indien het tenminste kon aangepast worden voor gebruik als muzikale controller. Het zou immers geen zin hebben zelf iets te willen gaan ontwerpen en bouwen, als het reeds lang

door anderen was gedaan. Daarom hebben we de 'Power Glove' aangeschaft en na verwoede en tevergeefse pogingen om de technische specificaties ervan bij het bedrijf zelf los te krijgen, hebben we dan maar aan reverse-engineering gedaan.

De weergave van de schakelingen lijkt ons binnen dit bestek niet direkt nodig, en dus zullen we ons beperken tot de enkele konstruktieve en meettechnische specificaties die vanuit onze optiek enig belang konden hebben:

Op de rugzijde van de handschoen bevinden zich twee ultrasoon zenders gemonteerd met een onderlinge afstand van 9.0cm en evenwijdig wijzend in dezelfde voorwaartse richting.

Op het TV-toestel dat voor het spel wordt gebruikt worden drie ultrasoonontvangers gemonteerd op respektievelijk de linker en de rechterbovenhoek van het TV-toestel, de derde rechts-onder. De afstand tussen de drie transducers ligt vast op 50.0cm. (deze transducers zijn dus niet echt symmetrisch opgesteld tegenover het beeldscherm). De afstand van speler tot scherm mag, volgens de instrukties, niet groter zijn dan 2 meter.

Er werden twee zenders gebruikt omdat het systeem gebruik maakt van de vergelijking tussen de ontvangst van de pulstreintjes ontvangen door de transducers op het TV-toestel, voor het bepalen van de positie van de speler tegenover het TV-toestel. De speler wordt in de gebruiksaanwijzing dan ook gevraagd, regelmatig de 'center' knop in te drukken. Hierdoor wordt met de meetwaarden telkens weer op nul afgeregeld. De verwerking van de signalen evenals het aftasten van de rekstrookjes in de vingers, geschiedt via een op 10MHz geklokte 4-bit microprocessor, ingebouwd onder het toetsenbordje op de handschoen. Deze processor staat ook in voor de omzetting van de data in een niet aan enige industriestandaard beantwoordend serieel formaat.

Het zal natuurlijk niemand verbazen dat we niet de enige waren die in de 'Power Glove' een mogelijke muzikale toepassing hadden gezien. Zo heeft Marc TRAYLE (California, actief binnen het komputer-kamermuziekensemble 'The Hub') het in een lichtjes omgebouwde versie voor enkele van zijn stukken uit 1990 en 1991 gebruikt. Daarbij bleek het ding het echter pas goed te doen wanneer de afstand tussen handschoen en ontvangers niet groter was dan ongeveer één meter. Ook de reaktiesnelheid ervan was niet direkt van die aard dat het publiek van de muzikale bruikbaarheid overtuigd kon worden. Natuurlijk kan dit deels ook het gevolg zijn van de kompositorische software geschreven door Marc Trayle... We geloven echter dat vooral het geringe oplossend vermogen van het speeltuig, ernstige muzikale toepassingen principieel in de weg staan.

*De kompositie waarvan sprake werd te Gent uitgevoerd op 11 maart 1992 in de Tetraeder van Stichting Logos naar aanleiding van een concert van 'The Hub'. Opnames zijn beschikbaar in het archief aldaar.*

*Bij ons kreeg dit 'Power Glove' speelgoed onlangs (10.1992) nog een ietwat potsierlijke dimensie, toen een lokaal komponist zich ermee voor een krant liet fotograferen en er in een onderschrift dat klaarblijkelijk niet eens ironisch bedoeld was, mee verwees naar de 'hoogtechnologische virtuele realiteit' waarnaar hij research verrichtte...*

## 1.2.2.2.3.3.2: - STEIM - Michel Waisvisz - Joel Ryan

Steim is de afkorting van Studio voor Elektro-Instrumentale Muziek, een organisatie die eigenlijk zo'n beetje groeide uit een werkgroep bestaande uit Dick Raaymakers, Peter Schat, Jan Van Vlijmen, Misha Mengelberg, Louis Andriessen, Reinbert De Leeuw, Konrad Boehmer en die na enkele 'politiek demonstratieve concerten' in 1968, de technische kant van de encenering van de operaproductie 'Reconstructie' (1969) op zich nam. Pas eind 1970 kreeg de organisatie een wat vastere vorm en met de intrede van Michel WAISVISZ in 1973 was het hek van de dam. Hij introduceerde er zijn 'Kraakdoos', een instrument waarvan we reeds gewag maakten sub. 1.2.2.1.2.4. Steim werd zo'n beetje de Nederlandse tegenhanger van Stichting Logos in België. Er waren trouwens steeds goede contacten. Steim groeide uit tot een der belangrijkste internationale centra waarbinnen aan onderzoek gedaan wordt met betrekking tot eigentijdse experimentele instrumentenbouw.

*Het Franse monsterinstituut Ircam is pas van veel latere datum en heeft trouwens zowat alle inputs van zijn werking te danken aan deze en nog enkele andere buitenlandse pionier-centra.*

De klemtoon bij de instrumentenbouwprojecten bij Steim lag pas vanaf medio de jaren '70 duidelijk op de real-time performance met elektronische middelen van klankopwekking. De sleutelfiguur van de instelling is nog steeds de huidige artistieke directeur Michael WAISVISZ, tevens een der meest vooraanstaande performers uit het Nederlandse muzikaleven. De praktische orientatie van Steim op de muzikale uitvoering eerder dan op de muzikale kompositie is een verdienste die vooral aan hem toekomt. Het is ook dankzij deze orientatie dat de studio is kunnen overleven daar waar traditionele 'kompositie'-gerichte studios 'voor elektronische muziek' de ene na de andere gesloten werden omdat ze overbodig waren geworden. Deze bijzondere orientatie -en de mate waarin ons eigen onderzoek erbij aansluit- blijkt uit volgend citaat uit een (zeldzame) tekst van van Michel Waisvisz:

*"STEIM ontwikkelt momenteel in samenwerking met komponisten, technici, en software-ingenieurs verscheidene instrumenten die via fijngevoelige sensoren, toetsen en elektronische meetsystemen nauwkeuriger dan voorheen bewegingen van vingers, handen en armen kunnen omzetten in speelinformatie voor muziekkomputers. In de komende tijd zal het van groot belang worden om programmas te ontwikkelen die deze 'omzetting' automatisch volgens een persoonlijke kompositiemetode kunnen uitvoeren. Deze instrumenten zullen het mogelijk maken om live te komponeren. Een toetsaanraking zal nu niet leiden tot het klinken van een enkele toon, maar de toetsaanraking kiest en stuurt de komponerende komputer d.w.z. terwijl de kompositie zich tot klinken brengt bestuurt men het karakter van samenstellingen van muzikale parameters (tonaliteit, gemiddelde duren, aard van modulaties, timbre-karakters, vorm, etc). Het gehele elektronische muziekproduktieproces kan zich nu eindelijk onttrekken aan de experimentele, grijze en theoretisch gerichte laboratorium-omgeving en zich gaan ontwikkelen in de omgeving waar het thuishoort: het echte levende concertpodium."*

Uit: "Muziek Aktueel...Steim" , 1986, Onno MENSINK (Red.), p.2-3.

Michel Waisvisz bouwde en ontwierp aanvankelijk al zijn ontwerpen eigenhandig. In de kontekst van het goed gesubsidieerde Steim echter, kwam daarin verandering en kon hij zich uitgebreid laten assisteren door een staf gespecialiseerde medewerkers. Zo werd de komponist en informatikus Joel RYAN, sedert 1985, bij Steim de belangrijkste onderzoeker en ontwerper op het vlak van de 'human-interfaces' voor experimentele muziekinstrumenten. Als komponist, lesgever en onderzoeker is hij intussen tevens werkzaam aan het Instituut voor Sonologie in Den Haag en aan het Amsterdamse Sweelinck Conservatorium. Het uitgangspunt van veel van zijn research-projecten sluit sedert de allerlaatste jaren nauw aan bij het onze, omdat het evenzeer vertrekt van de relatie tussen fysische motoriek en muzikale expressie. In Ryans terminologie 'inspanning en expressie'. Om hem zelf te citeren:

*"The development of electronic and computer music has been greatly retarded by a lack of tools for performance. No music in history has ever developed without reference to living music practice. Whatever the source of this omission, electronic music as it is practiced in the conservatories, has confined itself to tape.*

*Consciousness of this limitation has been long coming because of the positive value placed on difficulty of access for modern art in general. For many this is seen as the 'problem' of presenting recorded music to a 'live' audience rather than any recognition of the positive import of performance for the creation of new music. There is an abundance of resources available to composers and artists eager to bring their work to the stage. There is also a great deal of work to be done.*

Uit een programmabrochure over een voordrachtenreeks aan het Amsterdamse Sweelinck Conservatorium op 25.02.93 en 04.03.93. rond 'Imagining Music'. 1.: Effort and expression (performance and electronic music technique); 2.: Imagining new representations for music with the computer.

*Het werk en de ideeën van Joel Ryan en overigens ook van Michel Waisvisz is ons eigenlijk vooral erg goed bekend op grond van onze persoonlijke kontakten. Ryan was op 17.12.92 nog voor een concert te gast in Gent bij Stichting Logos.*

We hebben dit verhaal over Steim wat uitvoeriger gebracht, omdat figuren die erbinnen werkzaam zijn en waren, zo regelmatig terugkeren bij een behandeling van de diverse aspecten van de hedendaagse experimentele instrumentenbouw. Het projekt waar we eigenlijk wilden toe komen, en dat voor Steim slechts een van de vele richtingen is waarbinnen zij actief zijn, is 'The Hands' (1984), van Michel WAISVISZ. Dit instrument of instrumentaal-interface, is opgebouwd uit een reeks kwikschakelaars, toetsenbordjes met microswitches en... ultrasoondetektors. Deze elementen zijn alle samen gemonteerd op een soort technohandschoenen die via een dikke multikabel zijn verbonden met de klankopwekkingsapparatuur. (Yamaha DX7 synthesizers in dit geval). Via vrije bewegingen van de vingers, de handen, de armen, kunnen de synthesizers op een programmeerbare wijze worden bespeeld. De ultrasoondetektoren werken hier als detektoren voor de bewegingssnelheid van de handen ten opzichte van elkaar. Het uiteenbewegen van de handen genereert volgens het Dopplerprincipe een verlaging van de toon, het omgekeerde



een relatieve verhoging ervan. Er wordt slechts één continue veranderlijke uit afgeleid. (Dit wordt verder verduidelijkt in hoofdstuk 2). Het toestel reageert veel sneller en is veel wendbaarder dan de eerder beschreven 'Power Glove'.

Het STEIM ontwerp voor de handen werd intussen door verschillende andere musici geïmiteerd en geparafraseerd, een bewijs van het succes van het systeem. Vermelden we onder andere:

- Edwin van der HEIDE, maakt gebruik van wat hij een *midiconductor* noemt, een midi-dirigent. Deze bestaat uit een koppel sensors en controleapparatuur verbonden met de beide handen van de uitvoerder. De afstand tussen beide handen en de onderlinge bewegingen worden gedetekteerd en gebruikt als data voor het sturen van de klankopwekking. De klanken worden in real-time opgewekt door een zelfgebouwd syntezeprogramma voor een DSP-processor board.

Net zoals bij het systeem van 'The Hands' wordt alleen de een-dimensionale amplitudeverandering van het ontvangen ultrasoon signaal hier als bron van informatie gebruikt. Het ontwerp dateert overigens slechts van 1992, en is dus in zijn technische realisatie beslist niet meer origineel.

*Het systeem werd gepresenteerd op een concert te Amsterdam, Sweelinck Conservatorium, op 10.02.1992*

Foto:  
Michel Waisviszs als uitvoerder met 'The Hands'



#### 1.2.2.2.3.4.: Kontaktloze ultrasone systemen

Vooraleer aan de uiteenzetting en voorstelling van onze eigen experimenten te beginnen, experimenten die nagenoeg zonder uitzondering resorteren onze deze categorie der kontaktloze ultrasone systemen, willen we zo volledig mogelijk melding maken van door anderen verricht artistiek of demonstratief werk in dezelfde richting.

#### 1.2.2.2.3.3.1.: - 'Exploratorium' San Francisco

In het 'Exploratorium' in San Francisco -een soort Amerikaans 'Evoluon' bevindt zich (we bezochten het voor het eerst in 1987) tussen de vele toestellen ter illustratie van de wetten van de akoestiek, een ultrasone bewegingsdetektor, waarbij het gereflekteerde geluid hoorbaar wordt gemaakt. De schakeling die ervoor werd gebruikt komt in hoge mate overeen met die welke ook wij bij onze eerste experimenten hebben ontworpen: het betreft een amplitude-demodulatie van het gehele gereflekteerde signaal.

*We kunnen er niet onderuit hier reeds vooruit te lopen op ons verder volgend verhaal. De preciese technische werking van de AM-demodulatieschakeling komt uitvoerig aan de orde in hoofdstuk 2, (sub 2.3.2.6.1) en is nodig voor een goed begrip van de hier reeds geformuleerde opmerkingen.*

Zender en ontvanger zijn dicht naasten opgesteld. De kwaliteit van het audiosignaal is erg slecht (we schatten de behaalde signaal/ruisverhouding op niet beter dan zo'n 18dB, of een verhouding van 1:3), maar de ontwerpers hadden dit ook niet als eerste doel voor ogen aangezien het toestel slechts als edukatief materiaal voor het wetenschapsmuseum was bedoeld.

#### 1.2.2.2.3.3.2.: - Wolf-Dieter & Ulricke Trüstedt

Dieter Trüstedt, opgeleid als fysikus aan de universiteit van München, kwam in muzikale projekten terecht door zijn huwelijk met Ulricke, een komponiste. Sedert 1970 zijn ze beide actief op het gebied van de experimentele instrumentenbouw. Geïnspireerd door Alexander Schaaf, verbonden aan de toenmalige Siemens Studio voor Elektronische Muziek, die hem een laboratorium-projekt rond ultrasoon geluid demonstreerde, zette hij een ultrasoon systeem op waarmee bewegingen in klanken konden worden omgezet. De technische realisatie ging uit van een goed onderbouwde teoretische analyse waarbij vooral uitgegaan werd van de analogie met het vizuele hologram. Zo bouwde hij met heel wat materiele en technische steun van de 'Engelhorn Stiftung zur Pflege und Förderung der Kunst' de hele apparatuur op vanuit de idee dat de bewegingsinformatie verscholen lag in de faze-relatie tussen uitgezonden en ontvangen ultrasoon signaal. Hierin lag ook de vergissing van zijn opzet: ultrasoon geluid kan niet zomaar vergeleken worden met monokromatisch coherent licht zoals dat door een laser wordt geproduceerd. De Doppler-verschilfrekwenties zijn op grond van de berekening van fazeverhoudingen niet zinvol te achterhalen, daarvoor is hun

frekwentiezwaai veel te groot. Bij lichtgolven ligt de zaak helemaal anders, want daar krijgen we te maken met frekwentieverschuivingen die hooguit een oktaaf omvatten, en bij holografie inderdaad tot fazeverschuivingen zijn te herleiden. De door hem ontwikkelde apparatuur werkte weliswaar, maar was geplaagd door een zonder meer erbarmelijke signaal-ruisverhouding, waardoor wellicht de best denkbare muzikale kompositie die Ulricke Trüstedt ermee kon verzinnen, het stuk "Synchrone Klänge aus dem Rauschen" werd. De titel is nogal vanzelfsprekend.

Het stuk werd opgevoerd in Gent naar aanleiding van het door ons georganiseerde '7e Internationaal Mixed-Media Festival' in januari 1977. Kommentaarteksten werden gepubliceerd in het 7e Mixed-Media Jaarboek.

Hoewel de Trüstedts gebruikmakend van hun apparatuur later nog een tweetal komposities uitwerkten, verlieten ze het experimenteerveld in 1978. Voor die latere komposities zijn ze er trouwens toe overgegaan om de bekomen en uit beweging afgeleide signalen als trigger-signalen te gebruiken voor elektronische klankgeneratoren en synthesizers.

*Een gedetailleerde beschrijving van de technische- en artistieke kant van het door Trüstedt opgezette instrument hebben we toegevoegd in de appendix van deze studie (sub 5.1.4), aangezien ze nergens in de vorm van een publikatie ter beschikking is. Er zal ook in ons volgende hoofdstuk nog verder naar worden verwezen.*

#### 1.2.2.2.3.3.3.: - Rolf Gehlhaar - John Whitney

##### 'Sonar Ranging System'

Een non-impakt bewegingsgestuurd instrument dat in vele opzichten wel gelijkenis vertoont met onze eigen konstrukties in deze richting, werd ontwikkeld in 1985 door John WHITING en Rolf GEHLHAAR. Zij stellen hun resultaat voor onder de naam 'Sound=Space'.

Anders dan in ons in de volgende delen beschreven systeem het geval is, vertrekken zij van de toepassing van ultrasoongolven voor de detektie van de afstand tot een obstakel. In het Engelse jargon noemt men dit een 'Sonar Ranging System'. (vgl. het eerder vermelde Polaroid-autofocus systeem).

De technische werking is zo goed als identiek aan die van de elektromagnetische radar, maar dan toegepast op het audiogebied. Een ultrasoon signaal wordt uitgezonden en de reflectie wordt opgevangen. Het tijdsverschil tussen beide levert een maat op voor de dubbele afstand tot het obstakel. Door snel na elkaar signalen uit te zenden en telkens de afstand tot het objekt te berekenen, kan ook de bewegingssnelheid berekend worden.

Whiting en Gehlhaar hebben geen gebruik gemaakt van de mogelijkheid de gereflekteerde signalen rechtstreeks in de klankopwekking te betrekken zoals wij deden in onze eerste versies van 'Holosound'. Integendeel hebben zij van meet af aan computers gebruikt om de signalen om te zetten in data waarmee elektronische en gekomputeriseerde instrumenten konden worden aangestuurd. Hierdoor hebben zij in hun realisatie in eerste plaats de aandacht gericht op de ontwikkeling van software en algoritmes die op grond van de data, muzikale gebeurtenissen selekteren en bepalen. Een onderzoek naar de betekenis van de data die vervat liggen in de gereflekteerde signalen voor de

motoriek van de beweging ligt aan dit werk niet ten grondslag.

Een permanente installatie bevindt zich sedert 1986 in het Franse Museum van de Wetenschappen, La Villette, in Parijs.

#### 1.2.2.2.4.: Audio-akoestische systemen

Volledigheidshalve moet hier nog gewezen worden op de mogelijkheid gebruik te maken van normaal, dus door mensen hoorbaar, geluid voor het maken van een 'instrument' waarbij de klank uitsluitend van de beweging van een lichaam afhankelijk is.

Dergelijke systemen werden door verschillende komponisten in het laatste kwart van de twintigste eeuw opgezet, meer als klank-installatie dan als werkelijk instrument weliswaar.

De werking ervan berust volledig op de akoestische eigenschappen van de ruimte waarbinnen wordt gewerkt. Binnen die ruimte wordt zorgvuldig gezocht naar de non-lineariteiten (resonantiefrekwenties) in de akoestische eigenschappen. Daarvan wordt vervolgens gebruik gemaakt om staande golven, middels een feedback-systeem op te wekken. Een statisch en klinkend maar kritisch evenwicht wordt opgezet. Vanzodra een lichaam nu de klinkende ruimte betreedt, veranderen de akoestische eigenschappen van deze ruimte en grijpt er een 'katastrofe' plaats (in de wiskundige zin van het woord natuurlijk) die leidt tot een grondige verandering en dynamische verstoring van het tevoren bestaande evenwicht. Het elektronisch-feedback systeem gaat op zoek naar een nieuw evenwicht, maar zolang het lichaam niet perfect stil staat, kan dit niet of nauwelijks gevonden worden.

Wellicht de eerste komponist die van dit gegeven in een muzikale kompositie heeft gebruik gemaakt is Gordon MUMMA in 'Hornpipe'. Hij maakt gebruik van de hoorn -zijn eigen instrument- samen met heel wat analoge elektronika, om bewegend doorheen de ruimte, deze akoestisch af te tasten.

Ook Alvin LUCIER is bekend voor het integreren van akoestische ruimte-eigenschappen in zijn werk.

De realisaties die wellicht nog het dichtst in de buurt komen van ons opzet, zijn die van Paul EARLS onder de titels zoals 'Sounding Space: Drawing Room Music' gekreëerd in Vancouver, Canada in 1974 en 'Sound Floor' (Hartford, Connecticut & M.I.T. 1972-75).

*Dit werk wordt uitvoerig beschreven in een artikel van de komponist zelf opgenomen in de verzameling 'Sound Sculpture' uitgegeven door John GRAYSON, 1975. (p.170-176).*

Hoewel het muzikale resultaat van Paul EARLS' kompleks cybernetisch systeem bijzonder boeiend is en dus het opzet als muzikale kompositie beslist geslaagd was, kan van een 'kontroleerbaarheid' van het akoestisch resultaat nauwelijks sprake zijn. Ook het essentiële feit dat het systeem slechts werkt wanneer de ruimte 'met geluid is gevuld' maakt een meer algemene instrumentale toepassing zo goed als onmogelijk. Stilte behoort immers niet tot de mogelijkheden.

### 1.2.3.: Kritische evaluatie van deze technologieën

Wanneer we na dit overzicht van toch zowat alle op dit ogenblik mogelijke technieken voor bewegingsdetectie een evaluatie opmaken, waarbij we rekening houden met wat we sub 1.1 met betrekking tot de ideale relatie tussen motoriek en instrument naar voor brachten, dan blijken eigenlijk alleen de microwave-systemen, de ultrasone Doppler systemen en de intelligente optische systemen een mogelijkheid te bieden om een werkelijk volwaardig bewegingsgestuurd muziekinstrument te realiseren.

Het zijn immers de enige technieken waarbij de beweging niet hoeft te worden beperkt door kabels, bezwaard door toestellen en accessoires en dergelijke meer. De enige dus waarbij hij in principe vrij kan bewegen.

Bovendien zijn het ook de enige waarmee een niet per se positioneel instrument te concipieren is.

Afgezien van het historische of kronologische feit dat wij in ons eigen onderzoek eigenlijk vertrokken van enerzijds optische en anderzijds, vrij spoedig daarna, ultrasoon-technologie en dat het experimenteel en komparatief onderzoek van de technische mogelijkheden zoals we dat hier schetsten eigenlijk pas later plaatsgreep, lag een keuze voor ultrasoon-technologie bij verder meer diepgaand experimenteel onderzoek, voor de hand. Immers in dit gebied krijgen we niet te maken met de voorlopig in elk geval nog onopgeloste problemen van universele patroonherkenning in real-time waarmee gesofistikeerde ('intelligente') optische waarnemingsystemen behept zijn. Evenmin krijgen we af te rekenen met de problemen van verkrijgbaarheid en slechte signaal-ruisverhouding waarmee microgolfsystemen zijn geplaagd.

Een vergelijking van de diverse technische mogelijkheden laat ons echter geenszins toe eens en voorgoed uit te maken welke de beste technologische weg is die dient bewandeld te worden. Wel, welke weg op dit ogenblik, met de geringste inspanning tot een optimaal resultaat kan worden gebracht. Het spreekt vanzelf dat deze evaluatie in een nabije toekomst -vooral rekening houdend met de zeer snelle vooruitgang op het gebied van de digitale hardware- heel best andere prioriteiten naar voor zou kunnen schuiven. Ook, en dat zal o.i. waarschijnlijk in de toekomst het geval zijn, bestaat een ideale oplossing wellicht uit een gekombineerd gebruik van diverse technologieën. Ook de mens gebruikt immers verschillende vormen van perceptie simultaan en vormt zijn beeld van de werkelijkheid op grond van een parallelle verwerking van de informatie verkregen vanuit die diverse zintuigen waarbij bovendien rekening gehouden wordt met een flinke dosis reeds verworven kennis omtrent die werkelijkheid. Een technisch analogon kan daarvan allicht niet zo grondig verschillend zijn. Los van welke elektronische hardware er wordt gebruikt, kan zo'n technisch analogon bovendien zeker niet worden opgezet zonder dat daar een stuk software bij komt kijken. Software is een deel geworden van de hedendaagse werktuigkunde en dus van de instrumentbouw. Van zo'n technisch analogon in algemene zin staan we echter nog steeds relatief ver af...