

# Algoritmisk komposition

## – computerens eller komponistens musik?

af Morten Breinbjerg

### Indledning

Med udgangspunkt i en ofte fremført kritik af computermusik som udtryk for en objektiv og rationel tankegang vil jeg i denne artikel undersøge i hvilken grad inddragelsen af computeren, d.v.s. formaliserede/algoritmiske kompositionsteknikker, kan siges at minimere komponistens indflydelse. Desuden hvorvidt det er rimeligt at betragte formgivningsprocessen som værende uden perceptuel værdi.

Det at bruge computere til komposition eller fremførelse af musik er, om ikke andet, noget der kan få de fleste til at reagere. Oftest kritisk. Indvendingerne mod computermusikken er mange. Kritikken retter sig både mod musikken som klingende gestalt, mod dens perceptuelle kvaliteter (eller mangel på samme), med henvisning til, at den lyder mærkelig, kompleks og matematisk og mod den kompositoriske proces som sådan, hvor brugen af computere af nogle opfattes som snyd, som noget man griber til når man er løbet tør for ideer eller ikke selv besidder spilletekniske færdigheder til at udtrykke sig på et rigtigt instrument. Musikken er qua computeren automatiseret, og computeren har, som en anden *Cyborg*, udraderet eller erstattet musikeren og måske også komponisten.

Årsagen til denne kritiske opfattelse ligger i forskellen mellem diskursiv og intuitiv erkendelse. Hvor videnskaben har den diskursive erkendelse som ideal, er kunsten forbundet med den intuitive erkendelse. Komposition eller kreativitet opfattes som værende forankret i en særlig sensitiv/mental kompetence, der er unddraget enhver form for rationel eller eksplicit forklaring. Det kreative er dybt forankret i intuitionen.

Som modsætning til intuitiv erkendelse står den diskursive. Det vil sige en erkendelse der opnås ved slutninger og ikke umiddelbart eller direkte. Den diskursive erkendelse er tæt forbundet med det logiske ræsonnement, der lader sig formalisere i generative systemer bestående af symboler, aksiomer og deduktionsregler. Det logiske ræsonnement kan derfor reduceres til en slags puslespil, der kan udføres på mekanisk vis, hvilket man kan sætte en computer til. Den

diskursive erkendelse er rationel, og kritikken af computeren retter sig mod simuleringen af den rationelle tankegang gennem formaliseringer, der ikke indfanger de mere subjektive og emotionelle aspekter af erkendelsen. Ved brugen af computere har man reduceret den musikalske kompetence til regelstyret adfærd – en praksis der lader sig formalisere og simulere.

Nogle kritiske komponister anser ligefrem denne venden sig mod videnskaben for at være den egentlige årsag til den marginalposition, computermusikken indtager. Ifølge disse komponister har computermusikken ikke formået at frigøre sig fra en teknologisk og videnskabelig dominans.<sup>1</sup> En dominans der ud af til har fostret en opfattelse af computermusik som rationel, objektiv og afhumaniseret, og som indadtil har afstedkommet en teknologisk fetichisme, der helt har tilside-sat en kritisk refleksion over de musikalske bestræbelser, visioner og drømme. En dominans der bevirker, at computermusikken ikke fremstår som en selvstændig musikalsk disciplin, men som en pseudovidenskabelig legeplads, reserveret en lille elite af videnskabsmænd og videnskabsinspirerede komponister.

In my opinion this was very unfortunate because it encapsulated and confined EAM (electro-acoustic music)<sup>2</sup> in a pseudo-scientific realm and gave it a reputation of being something exclusively for a small professional élite of engineers and research oriented composers whose output was supposed to be way beyond the common listeners' comprehension. Today this notion still dominates; EAM is a peculiar branch of science and should be justified on those grounds rather than for its artistic merits. It is one of the main reason why EAM remains marginal.<sup>3</sup>

Umiddelbart er det let at få øje på, hvad der menes med videnskabelig dominans. Orienterer man sig i den faglitteratur der omhandler computermusik, vil man blive indført i en interdisciplinær verden, hvis diskurs relaterer sig til aspekter indenfor både musikteori, videnskab og teknologi. Det er ikke bemærkelsesværdigt, da komponisten nødvendigvis, i større eller mindre grad, må orientere sig indenfor vidensområder som datalogi (programmering), digital signalbehandling, akustik m.m. for at kunne beherske eller videreudvikle den soft- og hardware, hvormed de musikalske ideer skal realiseres. Det interdisciplinære miljø omfatter imidlertid aktiviteter, der ikke kun knytter sig til komposition af musik, men også til forskning indenfor områder som psykologi, kognition, musikteori, akustik og datalogi. Musikken som klingende fænomen og den kompositoriske adfærd som kreativ proces er altså genstand for en række videnskaber. Problemet at skille de to aktiviteter ad kan være med til at forstærke computermusikkens

---

1 "Music in the Year 2002", i: *Where are we and where do we want to go?* Report from an Electro-Acoustic Music Conference organized by The Royal Swedish Academy of Music, March 17 & 18, 1995.

2 Ganske vist taler Bodin her om elektroakustisk musik, men i mine øjne er den elektroakustiske musik underordnet computermusikken p.g.a. teknologiens digitalisering.

3 L.G. Bodin, "The Position of Electroacoustic Music in the Arts", 1995 s. 27, i: *Where are we and where do we want to go?* Report from the Royal Swedish Academy of Music 1995.

videnskabelige karakter. Hvornår er der tale om en kunstnerisk aktivitet, og hvornår har vi at gøre med en videnskabelig sådan? Problemet forstørres af, at det ofte er den samme person, der virker indenfor de to områder. Komponister er, udover at de komponerer, dybt involveret i hard- og softwareudvikling, i udforskning af psykoakustik, i afprøvningen af neurale netværk til simulering af musikalske beslutningsprocesser etc., mens ingeniører, dataloger, psykologer også virker som komponister. Tværfagligheden er selvfølgelig velkommen, der er ingen grund til at råbe "skomager bliv ved din læst", men i forhold til den foreliggende musik er det svært at skelne mellem værker og statusrapporter.

Som deltager i *The International Computer Music Conference*, der er en årligt tilbagevendende begivenhed, vil man opdage, at det her er forskningen i dette interdisciplinære felt, der er sat på dagsorden. Ganske vist har man sørget for at ornamentere konferencerne med en lang række af koncerter, men sjældent er musikken genstand for diskussion og debat. Det finder ganske enkelt ikke sted, andet end som løs korridorsnak eller i bedste fald som emnet for den obligatoriske paneldiskussion. I stedet for at diskutere det musikalske tankegods (for)føres vi til at deltage i en diskurs, i henhold til hvilken McLuhans konstatering "mediet er budskabet" synes både nærværende og aktuel. Interessen synes at samle sig om de nyeste produkter, der kan lige dét, som komponisterne (mener de) står og mangler, eller som ingeniørerne og datalogerne mener, komponisterne står og mangler.

It's the same old story. People in conferences and seminars and festivals will talk for hours about intricate control structures, grammars, fractals, sensors and God knows what, but surprisingly little about sound, art or music!<sup>4</sup>

Ser vi nærmere på kritikken af computermusikkens videnskabelighed og de deraf afledte adjektiver, "objektiv" og "rationel", vil vi se, at denne kritik forløber på to planer, der i det følgende er adskilt for overskuelighedens skyld. Reelt er de sammenhængende.

For det første refererer kritikken til den (natur)videnskabeligt inspirerede måde, hvorpå et givent materiale udarbejdes og struktureres. Ifølge kritikerne afsværges det subjektive valg i en objektiv og rationel tankegang. En tankegang der i yderste konsekvens fører til automatik – til udarbejdelsen af en selvvirkende automat.

For det andet kritiseres det, at selvsamme tænkning ikke forholder sig til musikken som et perceptuelt/sanseligt fænomen, men at den er udtryk for et platonisk ideal, hvor det væsentlige er den strukturelle idé.

---

<sup>4</sup> Åke Parmerud, "Critical Views", *ibid.*

## Komponistens eller computerens musik

Since the early fifties there has been a general trend in contemporary music to give new music the image of being scientific to an extent that has no parallel in other art forms. Numerous examples might be mentioned. The whole concept of serialism, for example, is an attempt to apply the same rationalism and precision that are predominant in the natural sciences. Trying to be as objective as possible in the process of creation leads to a take over by computers and various composition techniques in which the creative role of the artist as a human being is gradually reduced to nothing. Strangely enough, both John Cage and the most aggressive computer music composers are aiming for total "depersonalization" in music.<sup>5</sup>

Hvad er det, Lars-Gunnar Bodin kritiserer, når han siger at komponister prøver at være "as objective as possible in the process of creation"? Med begrebet objektivitet signalerer Bodin fraværet af subjektiv forvrængning. Med subjektiv forvrængning mener jeg den farvning, der fremkommer som følge af politiske, religiøse, æstetiske og moralske overbevisninger.<sup>6</sup> Den forståelse af verden, der netop ikke er objektiv, men subjektiv. Essensen i Bodins kritik er derfor, at musikken genereres efter kompositoriske teknikker, der i yderste konsekvens tilside-sætter komponisten som den autoritet, der sikrer musikkens forankring i mennesket. Hvis Bodins antagelse er rigtig, skulle komponisten være slave af kompositionsprincippet. Han vil i realiteten reducere sig selv til ideens computer, forstået som den automat der materialiserer ideen uden yderligere indgriben. Bodin henviser til serialismen som ofte ses fremstillet som et forsøg på at undgå det subjektive føleri. Det gælder i særlig grad den prædeterminerede serialisme. Ved etablering af orden gennem kontrol sikres der en regelret og determineret strukturering, der afværger komponistens trang til at falde tilbage i tonalitets blindgyde – i det han plejer at gøre. Bodin henviser endvidere til John Cage, hvis aleatoriske musik på en lignende måde kan ses som et forsøg på at minimere komponistens indflydelse. Afhumaniseringen er således angivet som følge af både en deterministisk og en aleatorisk indfaldsvinkel. Det er derfor ikke mærkeligt at Bodin kritiserer computermusikken, idet de fleste forsøg på at anvende computeren til komposition af musik falder inden for netop disse to kategorier<sup>7</sup>:

- 1) Aleatoriske/stokastiske procedurer, hvor de musikalske hændelser genereres i forhold til en statistisk karakteristik af en tilfældighedsproces.

---

<sup>5</sup> L.G. Bodin, *op.cit.* s. 28.

<sup>6</sup> Søren Kjørup, *Menneskevidenskaberne*, 1996 s. 182.

<sup>7</sup> Charles Dodge & Thomas Jerse, *Computer Music – Synthesis, Composition and Performance*. 1985, s. 265. Curtis Roads, *The Computer Music Tutorial*, 1996, s. 834.

- 2) Deterministiske procedurer, hvor et sæt af predeterminerede elementer permuteres i henhold til regler, der ikke involverer aleatoriske operationer.

Bodins kritik indeholder, i min udlægning, den antagelse, at ovennævnte kompositionsprincipper i yderste konsekvens fører til automatik: "take-over by computers and various composition techniques" i modsætning til "the creative role of the artist". Nøgleordet i kritikken er begrebet automatik. Musikken ses som et resultat af en automatiseret proces, hvor det at komponere reduceres til udarbejdelsen af bestemmende regler for musikkens organisering. Herved indtager komponisten rollen som designer af en "black box" der, givet et input, genererer et output uafhængigt af komponisten selv. Når de bestemmende regler er opstillet, har komponisten færdigspillet sin rolle, og eventuelle indgreb er kun at betragte som justeringer.

## Lidt om algoritmer

Forestiller vi os, at målet er en fuldstændig automatisering af kompositionsprocessen, er det naturligt at spørge, hvilke betingelser det stiller til en sådan automats design. Et krav må være, at de regler, hvorefter computeren skal udarbejde et materiale, de regler hvorefter materialet skal formgives, og endelig de "regler" hvorefter musikken skal evalueres, kan beskrives i en algoritme. Det afstedkommer, at det vil være nødvendigt at angive en procedure for udvælgelsen af de elementer, der skal indgå i kompositionen, såsom tonemateriale, rytmiske og dynamiske enheder etc. Dernæst må der angives en procedure for, hvorledes materialet skal struktureres, og endelig må en procedure for evalueringen af resultatet fastlægges. Der er altså mindst tre faser, hvori komponisten vil kunne sætte sin vilje igennem. Tre faser i udarbejdelsen af algoritmen, hvor han personificerer sin algoritme (i modsætning til Bodins "depersonalisation").

I det følgende vil jeg kort eksemplificere, hvad det vil sige at beskrive en proces ved hjælp af en algoritme. Eksemplificeringen skal vise, at konstruktionen af algoritmer til at varetage musikalske beslutninger ikke tilsidesætter komponisten, men derimod kræver hans tilstedeværelse.

En algoritme er en beskrivelse af en arbejdsproces, der afføder et bestemt resultat eller en bestemt type af resultater (f.eks. løsning af ligning med to ubekendte, den retrograde ordning af en række, interpolation mellem to akkorder osv.). En algoritme er således en opskrift på, hvorledes en opgave skal udføres. Hvordan man ved at følge opskriften gennem trinvis uddybning kan nå frem til et bestemt resultat eller udføre en bestemt opgave.

Imidlertid knyttes der nogle specifikke krav til en algoritme. Algoritmen må beskrive en finit proces. Den opgave, algoritmen skal løse, må kunne afsluttes. Proceduren skal være deterministisk i den forstand, at hvert trin i proceduren er entydigt bestemt af det foregående. Algoritmen skal levere mindst ét resultat. Derudover stiller man som regel krav om, at algoritmen skal være effektiv, hvormed der menes, at den skal udføre sin opgave på den mest hensigtsmæssige måde med hensyn til tid og processorkraft. Kravet om effektivitet er dog ikke så vigtigt i en musikalsk sammenhæng, med mindre vi taler om konstruktionen af algoritmer, der skal fungerer i realtid, f.eks. i forbindelse med interaktive kompositionsværktøjer.

Hvis vi bruger de serielle rækkeprincipper som eksempel, kan vi opstille en algoritme for udvælgelsen af en tolvtonerække.

Forudsætningen er, at vi har et tonemateriale (den kromatiske skala), som vi placerer i en "kasse", som jeg her kalder for *elementer*. Vi skal nu beskrive en procedure for, hvorledes de 12 toner skal udvælges og placeres i en anden "kasse", som vi kalder for *række*. Algoritmen kunne se således ud:

Elementer { C,C#,D,D#,E,F#,G,G#,A,A#,H }

Række {  $\emptyset$  }

### 1. **begynd**

Flyt en tone fra elementer til række

### 2. **hvis**

Elementer er tom( $\emptyset$ ) så **Slut**

### 3. **Ellers** gå til begynd.

Den skitserede algoritme er så simpel, som den kan være, og skal alene fungere som et eksempel på de overvejelser, konstruktøren må gøre sig. I ovenstående tilfælde vil han erfare, at algoritmen ikke stopper, idet kassen 'elementer' ikke tømmes. Det vil derfor være nødvendigt at uddybe algoritmen i punkt 1 med følgende:

### 1. **Begynd**

1.1 vælg en tone fra *elementer*

1.2 læg tonen i *række*

1.3 fjern tonen fra *elementer*

Den skitserede algoritme vil producere en række af 12 toner. Formodentlig er der ingen komponist, der vil finde denne procedure særlig interessant. Netop fordi den kompositoriske frihed, qua de serielle rækkeprincipper, i høj grad ligger i udformningen af originalrækken. Derfor må vi antage, at komponisten vil stille krav til udvælgelsesproceduren, der i ovenstående eksempel er tilfældig. Vi kunne forstille os at komponisten, som et simpelt valg, ønskede at undgå intervaller større end en terts mellem de enkelte toner. I så fald måtte han implementere en udvælgelsesprocedure i algoritmen, hvilket sikkert vil vise sig at være mere

kompliceret end som så. Det behøver vi ikke at bekymre os om her, men blot have in mente at komponisten sikkert vil være interesseret i at udøve en vis kontrol over udvælgelsesproceduren for at opnå en bestemt farvning af rækken.

Ifølge algoritmeteorien må vi tage stilling til, om den udførte opgave er løst rigtigt, dvs. om algoritmen leder frem til det korrekte resultat. Det kan være vanskeligt at afgøre, idet begrebet korrekthed er svært at forene med musikalske beslutninger. Hvis vi i ovenstående eksempel havde opstillet en algoritme til at foretage en retrograd-vending af originalrækken, i stedet for en algoritme der genererer en tolvtonerække, ville spørgsmålet om korrekthed være nemmere at håndtere, idet vi entydigt kan afgøre, om den beskrevne række er den retrograde af originalrækken. Det skyldes at en sådan løsning er rent numerisk. Den handler om talforhold – om kombinatorik. Når vi taler om musik, vil der imidlertid hurtigt opstå kompositoriske valg, der ikke så let lader sig beskrive algoritmisk. Valg der ikke er deterministiske, fordi der findes flere mulige og korrekte løsninger – f.eks. i forbindelse med koralharmonisering eller kriterierne for udvælgelsen af originalrækken som antydnet i ovenstående eksempel. Stillet overfor valget mellem to mulige eller lige korrekte løsninger eksisterer der ikke en algoritme til at vælge den bedste løsning. Valget af en løsning er situationsbestemt og ikke numerisk. Det betyder ikke, at man ikke kan forsøge at automatisere en løsning, men løsningen kræver en ny algoritme, der beskriver anvendelsen af heuristiske regler (tommelfingerregler), hvad enten de er "hjemmebryggede" eller udledt af en bestående praksis. De heuristiske regler er i en vis forstand ikke selv algoritmiske, men fejlbarlige, da de ikke nødvendigvis giver det bedste resultat, forstået på den måde, at vi ikke objektivt kan bestemme, hvilken løsning der vil være den bedste. Men anvendelsen af den heuristiske regel vil, når den én gang er fastlagt, normalt være både algoritmisk og deterministisk.<sup>8</sup>

Det er korrekt, når det hævdes, at computeren således aldrig når frem til valgets kategori.<sup>9</sup> Computeren vil aldrig forholde sig musikalsk, idet den ikke kan afgøre et givent valg som godt eller dårligt, men kun foretage valget i henhold til et programmeret regelsæt. Ganske vist er computerens valg musikalsk begrundet, men, som det hævdes, gør det ikke det konkrete valg til et musikalsk valg de facto. For mig at se er det netop et argument for, at komponistens tilstedeværelse er både påkrævet og nødvendig. Komponisten alene kan foretage et musikalsk valg.

På den ene side er det rigtigt at komponistens mulighed for at foretage valg er umuliggjort, når algoritmen én gang er fastlagt, qua algoritmens krav om determinisme og entydighed. På den anden side vil det subjektive valg i udarbejdelsen af algoritmen være uundgåeligt (selvom det er fravalg af det subjektive – jeg

<sup>8</sup> N.O. Bernsen & I. Ulbæk, *Naturlig og kunstig intelligens*, 1993, s. 16.

<sup>9</sup> M. Knakkegaard, *IO*, 1992 s. 139.

tager ikke stilling, jævnfør John Cage). Med andre ord, er der ikke nogen algoritme for, hvordan man konstruerer algoritmer.<sup>10</sup>

## Hvis musik er det?

Hvis komponisten ikke er tilstede, hvis musik er det så? Spørgsmålet antyder, at algoritmen/automaten, kan generere musikken af sig selv, uafhængigt af komponisten, hvorved man kan blive i tvivl om, om musikken er komponistens eller automatens. I det øjeblik komponisten har designet sin automat, er han ikke længere ansvarlig for dens resultat, fordi automaten per definition virker af sig selv. Derfor vedrører spørgsmålet om, hvis musik det er, komponistens betydning for automatens måde at virke på. Med andre ord må spørgsmålet besvares i forhold til komponistens muligheder for og vilje til i sidste ende at udøve kontrol over musikkens form og indhold.

En algoritme skal levere et resultat - det er et krav vi stiller til en algoritme - men det betyder ikke, at komponisten ukritisk skal overtage resultatet. Det er blot én af tre muligheder, hvoraf de to andre er at modificere algoritmen eller vælge at forholde sig frit til en videre artikulation af algoritmens output.

I artiklen "*Herma* for Piano by I. Xenakis is not correct"<sup>11</sup> gøres der opmærksom på at der er en uoverensstemmelse mellem den algoritmiske struktur, der er baseret på *set theory* i *Herma*, sådan som værket foreligger i partitur og den analyse, Xenakis selv fremkommer med i sin bog *Formalized Music*. Dette er en vigtig pointe, hvis man ønsker at påvise, at brugen af formaliserede regler ikke nødvendigvis fører til blind automatik, men en mindre interessant iagttagelse hvis den anføres som en kritik. I det sidste tilfælde har man angivet komponisten som algoritmens computer.

Der er ingen tvivl om, at inddragelsen af computere i algoritmisk komposition sker med henblik på at automatisere musikalske processer. Det ligger i sagens natur, da algoritmebegrebet omhandler automatiseret problemløsning. Men det er mere tvivlsomt om man deraf kan slutte, at konsekvensen er en afhumanisering af den kompositoriske proces. Det ændrer måske nok komponistens rolle, men overflødiggør på ingen måde hans tilstedeværelse.

---

<sup>10</sup> L. Goldschlager & A. Lister, *Datalogi og datamaskiner*, 1984 s. 25.

<sup>11</sup> Anonymt 'abstract' indsendt med henblik på publicering i *ICMC Proceedings 1994*.



## Funktion og motivation

Motivationerne til at anvende computeren til komposition af musik med udgangspunkt i formaliserede og algoritmiske processer er mange. Jeg vil ikke foregøgle at kunne afdække disse i nærværende sammenhæng. Derimod vil jeg, med reference til enkelte komponister og ved hjælp af teoretiske eksempler, vise hvad der kan tilskynde komponisten til at arbejde med computeren på denne måde, og hvilke udfoldelsesmuligheder det giver ham.

Grundlæggende er anvendelsen af formaliserede processer opstået ud fra et ønske om at kunne formgive musikken i henhold til den kompositoriske idé. I den forbindelse må komponisten finde den bedst egnede repræsentation.

## Stokastisk modellering

Xenakis' valg af stokastiske principper (vægtede sandsynlighedsdistributioner) er inspireret af det skift mellem orden og kaos, som han oplever i regndråbernes anslag mod hårde overflader, eller i cikadernes "sang". Eller i overgangen fra den taktfaste monotoni, hvormed et politisk demonstrationstog udbasunerer sine slagord, til den kaotiske støj, der opstår i det øjeblik demonstrationstoget går i opløsning som følge af sammenstødet med ordensmagten etc. Sådanne fænomeners oscillering mellem det velordnede og det kaotiske lod sig, ifølge Xenakis, bedst beskrive i henhold til stokastiske love.<sup>12</sup> For Xenakis var den præcise styring af detaljen derfor ikke afgørende. Det ønskværdige var styringen af overordnede tendenser. Hvordan denne styring er muliggjort af de stokastiske principper, vil jeg prøve at eksemplificere i det følgende. Eksemplerne er teoretiske og forsimplede og relaterer sig ikke direkte til Xenakis. Eksemplerne relaterer sig til valget af toner i en melodisk struktur. Hos Xenakis vil vi finde, at den stokastiske styring er gældende for mange andre parametre, såsom tæthed, d.v.s. antallet af hændelser (f.eks. toner) per tidsafsnit og klangfarvedistribution, hvor de vægtede sandsynligheder refererer til forskellige instrumentgrupper eller til forskellige spilleteknikker (pizzicato, col arco) m.m.

En ofte anvendt sandsynlighedsdistribution hos Xenakis er den såkaldte Gauss-fordeling, også kaldet en normalfordeling. I Gauss-fordelingen kan den statistiske gruppering af "værdierne" omkring en angivet middelværdi grafisk angives som en "klokkeform". To centrale begreber i denne sammenhæng er distributionens middelværdi og standardafvigelse. For ikke at blive alt for matematisk kan vi sige, at middelværdien udgør den akse, hvorom klokken form

---

<sup>12</sup> I. Xenakis: *Formalized Music*, 1992, s. 9.

spejler sig symmetrisk; mens standardafvigelse bestemmer spredningen eller klokken form som stejl eller affladet.

Sandsynligheden for at en given værdi optræder, er større jo nærmere vi kommer middelværdien. Sandsynligheden for at værdien ligger inden for et område defineret som middelværdien  $\pm$  standardafvigelsen, er angivet til at være 68,26 %, mens 99,74 % ville falde inden for området: middelværdien  $\pm$  3 x standardafvigelsen.<sup>13</sup> I et eksempel kan man forestille sig, at middelværdien repræsenterer tonen C og standardafvigelsen en værdi der, i et kromatisk univers, svarer til intervallet stor sekund, henholdsvis over og under tonen C. Såfremt komponisten udarbejder en melodisk struktur som følge af denne Gauss-fordeling, vil resultatet blive en melodi, hvor sandsynligheden for store interval-spring vil være meget lille, da der er størst sandsynlighed for, at tonerne grupper sig tæt omkring tonen C. Tonen C vil med andre ord udgøre et centrum.

Kan man så ikke sige, at komponistens opgave blot er at finde den rigtige formel og så overlade det til computeren at udfører beregningerne, hvorved han ikke udøver anden kontrol end netop valget af formel? For Xenakis var det centrale overgangene fra én tilstand til en anden. Eksempelvis fra det ordnede til det kaotiske; og netop overgangen kan beskrives ved hjælp af den statistiske fordeling, ifald komponisten anvender funktionen dynamisk.

Med henvisning til ovenstående eksempel vil vi opnå en større entydighed i den melodiske struktur, når standardafvigelsen går mod 0. For en standardafvigelse lig med 0 vil den resulterende tone altid være et C. Ved gradvist at forøge værdien for standardafvigelsen får vi en struktur, hvor tonen C i stadigt mindre grad opleves som centrum. Fordelingen vil nærme sig en uniform distribution, hvorved valget af den enkelte tone er tilfældigt. Derfor vil den resulterende struktur i højere grad opleves som kaotisk – som støj. Som et billede på funktionen kan man forestille sig en stang, hvis ender kan bøjes mod hinanden. Når enderne presses sammen bliver resultatet et "omvendt U", og når trækket går den modsatte vej, retter stangen sig ud til en linie. Funktionen kan derfor sammenlignes med et variabelt filter, med hvilket materialet kan gives en særlig farve.

Nu er det nok rimeligt at antage, at det ovennævnte eksempel ikke resulterer i nogen interessant melodisk struktur; men komponistens styringsmuligheder er heller ikke udtømte hermed. Da Gauss-fordelingens værdier/numeriske symboler ligger i intervallet fra 0 til 1, må komponisten omtyde disse til musikalske symboler. I den omtydning kan en given tendens tydeliggøres evt. ved at indsnævre det melodiske materiale fra en kromatisk til en diatonisk skala, eller ved

---

<sup>13</sup> C. Dodge & T. Jerse, *op.cit.* s. 273.

at lade de numeriske symboler referere til melodiske sekvenser i stedet for til enkelttoner.

En tredje mulighed for at formgive materialet ligger i det specielle forhold ved statistiske distributioner, at de kun er udtryk for en fordeling og ikke for en sekventiel rækkefølge. De statistiske fordelinger er, i Xenakis' terminologi, ikke lineære, de er ikke i tid, men uden for tid.<sup>14</sup> Det betyder, at komponisten frit kan bytte om på tonerne i en given fordeling uden at bryde med det genererende princip.

## Komposition som regelstyret adfærd. Tendenser til en automat

Thus it is important to realise when examine this score that our primary aim was not the presentation of an aesthetic unity – a work of art. This music was meant to be a research record - a laboratory notebook.<sup>15</sup>

For en komponist, der stiller klare stilistiske krav til sin musik, og som ønsker at bevare kontrollen over detailniveauet, er det stokastiske princip ikke en farbar vej. Her må komponisten forsøge at styre kompositionen ved at formulere et regelsæt og opstille algoritmiske procedurer for håndteringen af dette regelsæt i computeren.

Komponisten Lejaren Hiller og matematikeren Leonard M. Isaacson samarbejdede i 1950'erne, vistnok som de første, om at anvende computeren til komposition af musik. Til grund for deres eksperimenter lå den antagelse, at komposition er at foretage en række (ud)valg af musikalske elementer ud fra en i princippet ubegrænset mængde af musikalsk råmateriale.<sup>16</sup> Komposition er således karakteriseret som ekstraktion af orden fra kaos.

It is a feature of digital computers that they can be efficiently used to "create a random universe" and to select ordered sets of information from this random universe in accordance with imposed rules, musical or otherwise. Since the process of creative composition can be similarly viewed as an imposition of order upon an infinite variety of possibilities, an analogy between the two processes seems to hold.<sup>17</sup>

For at simulere den kompositoriske proces (foretagelsen af valg) lod de computeren generere tilfældige værdier (f. eks. repræsenterende tonehøjder), der kunne sammenholdes med et kodificeret regelsæt for komposition af musik i en bestemt stilart. Således var formålet i et af Hillers og Isaacsons eksperimenter at ud-

---

<sup>14</sup> I. Xenakis, *op.cit.*

<sup>15</sup> L. Hiller, L.M. Isaacson, *Experimental Music*, 1959, s. 5.

<sup>16</sup> Hiller and Isaacson, *op.cit.* s. 1.

<sup>17</sup> *Ibid.* s. 2.

vikle et program, der kunne generere simple melodier i henhold til reglerne for *cantus firmus*, som de er formuleret i J.J. Fux' *Gradus ad Parnassum*.

Metoden kaldes for "generate and test", da det undersøges, hvorvidt tilfældigt udvalgte værdier er tilladelige i forhold til de implementerede regler. Hiller og Isaacsons metode forudsætter, at såfremt man kan frembringe musik, der har en stilistisk affinitet med allerede komponeret musik (Palestrina-kontrapunkt), har man etableret en automat, der simulerer den kompositoriske adfærd. Den grundlæggende ide i Hillers og Isaacsons eksperimenter er derfor "teorien om beregnelighed". En teori, der fremfører at de regler, hvorefter musik komponeres, kan bringes på formel eller udtrykkes i en algoritme. En teori hvori komposition forstås som regelstyret adfærd. Den viden, hvorefter musik komponeres, kan gøres eksplicit, den kan fremanalyses og kodificeres. Den musikalske kompetence er således en kombination af eksplicit viden og regelbaseret adfærd.

Vi nærmer os her en tankegang, som er lig den man finder indenfor "klassisk kunstig intelligens".

I denne forskningstradition er den grundlæggende antagelse netop, at menneskets kognitive færdigheder og intelligente problemløsninger er konstitueret af eksplicit, objektgjort viden manipuleret og transformeret efter et kausalt regelsystem. [...] Hverken viden eller de regelstyrede viden/symbol-transformationer – samt den resulterende intelligens og kompetence – er således bundet til mennesket, men lader sig realisere i eksterne systemer, ifølge Klassisk Kunstig Intelligens, forudsat de givne systemer besidder den relevante symbol/vidensrepræsentation og kan udføre de krævede regelstyrede symbol/videns-transformationer.<sup>18</sup>

I dette afsnits indledende citat gør Hiller opmærksom på, at deres eksperimenter ikke må ses som en kunstnerisk aktivitet. Målet for deres eksperimenter er derimod at simulere hvordan komponister tænker og handler. I videste forstand at forstå og måske definere musikalske kompetence. Deres eksperimenter indvarsler derfor en kognitiv forskningstradition i forhold til musik, der som sit genstandsfelt har studiet af den kompositoriske proces.

## Automat eller environment ?

Hiller og Isaacsons eksperimenter kan til en vis grad understøtte Bodins kritik, idet man kan anskue deres eksperimenter som et forsøg på at designe en automat, der ikke kræver komponistens tilstedeværelse. Men som et videnskabeligt motiveret eksperiment er de (i sagens natur) afskåret fra at forholde sig frit til automatens output, idet gyldigheden af deres eksperiment ligger i graden af overensstemmelse mellem automatens musik og allerede komponeret musik i samme stilart. Hvis komponisternes mål var at fortsætte i Hillers og Isaacsons ånd

---

<sup>18</sup> Steen Wackerhausen, "Teknologi, kompetence og vidensformer", i: *Philosophia* 20: 3-4, 1991 s. 92.

ville det, alt andet lige, føre til konstruktionen af en sådan automat. Men det er mere rimeligt at sige, at tendensen i de bestræbelser, der gøres i dag, går i retning af at udvikle interaktionen mellem computeren og komponisten, snarere end at undgå den. Interaktion skal her forstås bredt, rangerende fra de tilfælde, hvor komponisten og computeren så at sige "deles" om opgaverne, til interaktive kompositionsprogrammer. Målet er ikke at etablere en selvvirkende automat, men at etablere et rum, et "environment" for kompositorisk udfoldelse. Opmærksomheden er rettet mod skabelsesprocessen, hvor komponisten frembringer værket i dialog med sig selv og de værktøjer, som tilbydes af programmet.

Opmærksomheden er med andre ord flyttet fra musikken som et produkt, udviklet i henhold til en bestemt stil, formaliseret og kodificeret i computeren, til musikken som en proces. Interaktionen er derfor udtryk for en procesorienteret og ikke en målorienteret tankegang. Et skred fra musik som et artefakt til musik som en aktivitet.

I kompositionen *Lexikon-Sonate*, der er et interaktivt værk for (midi-)klaver og computer af den østrigske komponist Karlheinz Essl, er den grunlæggende idé at lade musikeren/brugeren komponere stykket i realtid ved at sammensætte og vægte forholdet mellem en række algoritmiske objekter. Med objekterne kan man generere forskellige strukturer i henhold til stokastiske og deterministiske principper og gestiske bevægelser såsom glissader og tremolo-figurer. Ideen til værket er hentet fra novellen *Lexikon-Roman* fra 1970 af den østrigske forfatter Andreas Okopenko.

This novel [...] consists of several hundred small chapters which were brought into alphabetical order. By reference arrows as in a lexicon the reader could make her own investigation through the multiple nested web structure of the text. Instead of presenting a sequential text with a predefined direction of reading, Okopenko provides a structure of possibilities, which challenges the reader to become a creator of her own version of this novel.<sup>19</sup>

Umiddelbart peger Essl's *Lexikon-Sonate* tilbage på de formeksperimenter, som man finder i de åbne værker fra 1950'erne, f.eks. Stockhausens *Klavierstück XI* fra 1956. En væsentlig forskel er dog, at hvor musikeren/komponisten hos Stockhausen frit fortolker værkets kombinatoriske struktur ved selvstændigt at montere de musikalske frasers rækkefølge, er fraserne (objekterne) i *Lexikon-Sonate* ikke komponerede og fastlagte strukturer, men algoritmiske processer.

At jeg nævner dette værk skyldes, at Karlheinz Essl har overført denne modulære tankegang til udviklingen af et kompositionsprogram bestående af en række

---

<sup>19</sup> Essl, Karlheinz: "Lexikon-Sonate, An Interactive Real-time Composition for Computer-Controlled Piano", s. 2. Artiklen forefindes på Karlheinz Essls Homepage, <http://www.ping.at/users/essl/>

forskellige algoritmer, stokastiske såvel som deterministiske.<sup>20</sup> Kompositionsprogrammet er således et bibliotek af små isolerede objekter, hvor komponisten, ifølge Essls forhåbning, vil koncentrere sig om musikken frem for programmeringen.

## The process doesn't give unity only the perception

Who cares if a piece of music is based on neural networks or chaos-theory or is produced on the newest and hottest gear as long as the composition has no emotional radiation, no sensual qualities, and no appeal to ordinary listeners? I think it is a big mistake and a "cul de sac", when we reject the human aspect and try to "depersonalise" the art, reduce it to a kind of natural phenomenon and objective fact without meaning and try to rub out the human creator behind it.<sup>21</sup>

Det er et relevant spørgsmål, om den struktur, der følger af disse formaliserede teknikker, kun eksisterer som abstrakte strukturer, eller om de er opfattede i den klingende. Det er imidlertid en problemstilling, der ikke kun relaterer sig til den klanglige struktur, men som også er betinget af den situation, hvori strukturen høres, den sammenhæng strukturen indgår i (musikkens generelle kompleksitet), af lytterens erfaring dels med strukturen selv og dels hans erfaring med det at lytte. Ikke desto mindre er der givet komponister, der føler en vis tilfredsstillelse ved, at deres værker, om ikke andet så i det mindste på papiret, udviser en logisk sammenhæng, og som ikke har øje eller øre for de perceptuelle kvaliteter.

Jeg tror det er vigtigt at være opmærksom på, at det sjældent er muligt at afgøre om en klingende struktur er genereret ud fra en deterministisk eller en stokastisk proces. Derfor er valget af algoritme/matematisk model måske mere et spørgsmål om komponistens filosofi. Det er heller ikke afgørende ud fra en perceptuel "synsvinkel", da denne blot er af kvantitativ art. Den perceptuelle kvalitet er m.a.o. ikke afhængig af, om strukturens underliggende princip er en Gaussfordeling eller en fraktalstruktur. Den perceptuelle kvalitet er derimod forankret i den tendentielle opførsel som algoritmen udviser – i dens fremtoningskvaliteter.

Meget i musikken involverer ting af kvantitativ eller kvalitativ art. Når jeg siger kvantitativ, vedrører det beskæftigelsen med tal eller geometriske former, mens kvalitativ vedrører logik og form, altså hvordan man går fra ét stadie til et andet – deter-

---

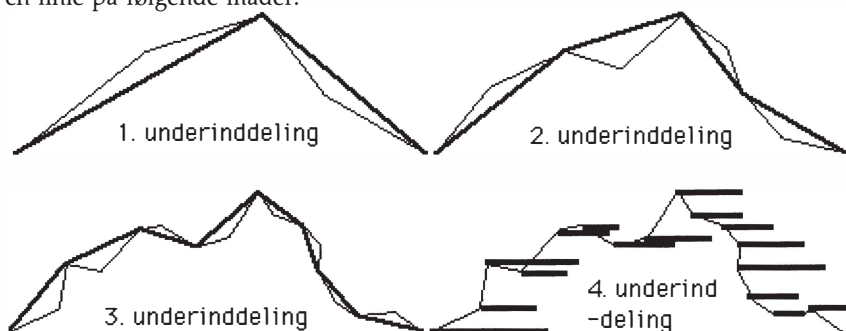
<sup>20</sup> Programmet kaldes for Real-Time Composition Librarian, (RTC-lib) og kan downloades fra internettet. RTC-lib medfølger endvidere programmeringsproget MAX, der er et meget udbredt kompositionsprogram.

<sup>21</sup> L.-G. Bodin, *op.cit.* s. 28.

minisme/indeterminisme-problemet, kontinuitet/diskontinuitet, periodicitet/ non-periodicitet.<sup>22</sup>

Fremtoningskvaliteterne ved en given algoritme/model er angivet ved den grad af repetition-variation, orden-kaos, stabilitet-ustabilitet, som den udviser. Det er i deres fremtoningskvaliteter at matematiske modeller synes lovende; også som hørbare strukturer.

Gary L. Nelson har i værket *Fractal Mountains* fra 1988 arbejdet med fraktale modeller. I værket anvender han en fraktalstruktur som ordningsprincip for det melodiske, den harmoniske og den rytmiske struktur. Værket er inspireret af de fraktale principper, der anvendes til animation af naturlandskaber i computergrafik. Det fraktale princip går ud på gennem en iterativ proces at underindele en linie på følgende måder:<sup>23</sup>



Gary Nelson lader hvert knæk på kurven repræsenterer ansatstidspunkter for givne toner. Den horisontale akse repræsenterer tid, og den vertikale akse afspejler fordelingen af tonehøjder. Ved hjælp af dette princip kan Nelson opbygge fraser, der afspejler bevægelse fra en simpel til en mere kompleks struktur proportionalt med antallet af underinddelinger. I henhold til den harmoniske udvikling vil den overordnede karakter således være overgangen fra tone til "støj".

Om denne overgang er resultatet af en fraktal struktur eller ej er, ud fra et perceptuelt synspunkt, mindre relevant. Det er bevægelsen i sig selv og komponistens formning af bevægelsen, der er det centrale.

Brugen af fraktaler sikrer naturligvis ikke i sig selv nogen perceptuel sammenhæng. Det er først og fremmest komponistens opgave at applicere den fraktale model ved at tolke de data formelen afgiver på en "hensigtsmæssig" måde. Derfor har Bodin for så vidt ret i, at det fra lytterens synspunkt er mindre inter-

<sup>22</sup> J. Beckman, "Skabelsens problem - Interview med Iannis Xenakis d. 12. 1985", i: *Dansk Musiktidsskrift* 1984/85.

<sup>23</sup> Illustrationen er G.L. Nelsons egen. Se omslaget til CD'en *Computer Music Currents 10*, WERGO 1992.

essant, om et stykke er fraktalt genereret eller ej. Men som tidligere nævnt mener jeg heller ikke det er det centrale. Matematiske modelleres værdi ligger i den tendentielle adfærd de udviser. Ansvar for at applicere det musikalsk har komponisten.

## Konklusion

At computermusik er præget af en videnskabelig tankegang er tydeligt m.h.t. bebegsapparat og metodik (den måde hvorpå kompositionsprocessen gribes an). Det er vel heller ikke forkert at sige, at begrebet rationalitet er en dækkende betegnelse for den logik og systematik, der i større eller mindre grad præger den kompositoriske tænkning. At det ses som et fravalg af den intuitive bestemmelse er vel kun gældende i den forstand, at enhver intuitiv begribelse i en reflektiv fase må vurderes i forhold til, om den tjener den styrende idé. Intuition i form af pludselige og spontane indfald er dog altid til stede, hvad enten vi har at gøre med musikalsk udfoldelse på et instrument eller med opstillingen af en algoritme.

Kritikerne har for så vidt ret, når de hævder, at computermusikken i form af algoritmisk og formaliseret komposition er præget af en videnskabelig tankegang. På et afgørende punkt finder jeg dog kritikken unuanceret, nemlig i forhold til automatik-problematikken. Algoritmisk komposition er et forsøg på at fortsætte den musikalske tænkning i en bestemt retning og at etablere rammer indenfor hvilke komponisten kan udtrykke sig musikalsk og måske i sidste ende at etablere kompositoriske *environments* eller rum, hvori musikken kan opdaget, afsøges og afsløres. Det er muligt at det musikalske resultat ikke "holder", men det diskvalificerer ikke bestræbelsen.

Automatisering forstået som udarbejdelsen af en selvvirkende maskine, der ikke fordrer komponistens tilstedeværelse, er måske mulig, men det er ikke en naturlig konsekvens af den algoritmiske kompositionspraksis. Det er bare en af de mindre interessante muligheder. Det er vel heller ikke rimeligt at antage, at der findes nogen komponist, der vil være interesseret i at designe en automat, der ville overflødiggøre ham selv.

Musikken er komponistens.



## Litteraturliste:

- Ames, Charles: "Automated Composition in Retrospect", i: *Leonardo* 20: 2, 1987.
- Beckman, Jesper: "Skabelsens Problem - Interview med Iannis Xenakis d. 1/2 1985", i: *Dansk Musiktidsskrift* 1984/85.
- Bernsen, Niels Ole & Ulbæk, Ib: *Naturlig og kunstig intelligens*, 1993.
- Bodin, Lars-Gunnar: "The Position of Electroacoustic Music in the Arts", i: *Where are we and where do we want to go? Report from the Royal Swedish Academy of Music*, 1995.
- Dodge, Charles & Jerse, Thomas : *Computer music – Synthesis, Composition and Performance*, 1985.
- Essl, Karlheinz: "Lexikon-Sonate – An Interactive Real-Time Composition for Computer Controlled Piano". Artiklen forefindes på Karlheinz Essls Homepage: <http://www.ping.at/users/essl/>
- Frounberg, Ivar: *Teori og praksis i Iannis Xenakis' kompositionsteknikker: En eksemplifikation*, i: *Dansk Musiktidsskrift* 1982/83.
- Goldschlager & Lister: *Datalogi og datamaskiner*, 1984.
- Hiller, Lejaren A. & Isaacson, Leonard M.: *Experimental Music*, 1959.
- Knakkegaard, Martin: *IO*, 1992.
- Kjørup, Søren: *Menneskevidenskaberne*, 1996.
- Parmerud, Åke: "Critical Views", i: *Where are we and where do we want to go? Report from the Royal Swedish Academy of Music*, 1995.
- Roads, Curtis: *The Computer Music Tutorial*, 1996.
- Wackerhausen, Steen: "Teknologi, kompetence og vidensformer" i: *Philosophia* 20:3-4, 1991.
- Xenakis, Iannis: *Formalized Music*, 1992.