

Ejnar Kanding

Cinq Études

Komposition for cello & 3D lydsystem

Det Kongelige Danske Musikkonservatorium
KUV: Kunstnerisk Udviklingsvirksomhed
Projektperiode 2020-2026

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse.....	2
Indledning.....	4
Titel, FOKU og KUV	4
Medvirkende	4
KUV-projektets resultat	5
Således kan KUV-projektets resultat skitseres i fem punkter:.....	5
Afgrænsning af emne	6
Problemformulering	7
Artiklens opbygning.....	8
Resume	9
Hovedafsnit	10
Teori og metode	10
Teori: Definition af begreber	10
Teori: Definition af kategorier	10
Teori: Digital lydbehandling i praksis	11
Teori: MIDI vs. audio-baseret komposition	12
Teori: Historisk ramme omkring Max	12
Teori: Max som redskab	12
Metode	13
Konkluderende afsnit om Teori og Metode.....	14
Projekt: før og efter	15
Kontinuum som kunstnerisk middel.....	15
Oprindeligt projekt, begrundelse for omdefinering	15
Ændringer i metode og praksis.....	16
Sammenligning mellem det oprindelige og det aktuelle projekt:.....	17
Tidslinje for <i>Cinq Études</i> og MC-objekter i andre værker.....	18
Kronologisk oversigt	18
Brug af MC-objekter i andre egne værker.....	18
Udfordrende komplikationer	20
3D lydsystem 44.4	20
Om RTP og fraserings.....	20
Feedback og overhør	20
Kontinuum som kunstnerisk idé	22
Skema over en trinvis proces mod et kontinuum:	23

Værket	24
Partitur.....	24
Max-project som interface	26
Kompositionsteknik og 3D processering i hver sats	27
1) Prélude	27
2) Isorythmique	31
3) Passacaglia.....	33
4) Numerosa resonantiae	35
5) Canon per augmentationem cum libero contrapuncto	36
Konklusion	37
Refleksion	37
Perspektivering.....	38
Bilag	39
Bilag 1: Overvejelser og tilblivelsesproces fra dagbogsnotater	39
Bilag 2: Oversigt over Ny Sals højttaler opsætning	43
Bilag 3: Partituret i sin helhed	44
Bilag 4: MIDI sustain pedal og USB interface	54
Bilag 5: Eksempler fra Max-project på buffers og samplers.....	55
Bilag 6: Mere udførlig gennemskrivning af afsnittet om Max/MSP	56
Teori. Historisk ramme om Max	56

Indledning

Titel, FOKU og KUV

Mit projekt *Cinq Études – Komposition for cello & 3D lydsystem* er en del af Det Kongelige Danske Musikkonservatoriums (DKDM) program for Kunstnerisk Udviklingsvirksomhed (KUV), som indgår i institutionens samlede vidensgrundlag: FOKU – en sammentænkning af kunstnerisk praksis, udviklingsaktiviteter og forskning (Artistic Practice, Development Activities, and Research). I perioden 2020-2022 blev projektet tildelt støtte svarende til to reduktionstimer i 2020-2021 og tre reduktionstimer i 2021-2022 – i alt 300 arbejdstimer. Desuden modtog cellist Toke Møldrup 0,5 reduktionstime, svarende til 30 arbejdstimer, for sin deltagelse.

KUV: Kunstnerisk Udviklingsvirksomhed – Projektperiode 2020-2026.

FOKU-aktivitet 2020-2022:

- 2+3 reduktionstimer svarende til 120+180 arbejdstimer.

KUV-projektets titel: *Cinq Études – Komposition for cello & 3D lydsystem*.

Medvirkende

Toke Møldrup, cello. 0,5 reduktionstime svarende til 30 arbejdstimer.

Aske Vang Rasmussen, tonemester.

Peter Bruun, reflektionspartner.

KUV-projektets resultat

Jeg har komponeret et værk, noteret i partiturform, som er udgivet på Edition•S, samt udviklet et interface i den Cycling '74 software, der kaldes **Max**¹. Dette Max-project fungerer som et brugervenligt interface, der bruges til afvikling af live electronics i forbindelse med en koncertopførelse af værket.

[Link Cinq Études online partitur og download af Max-project.](#)

Uropførelsen fandt sted den 9. oktober 2024 i DKDMs Ny Sal som del af koncertserien *Immersive Sessions*. Her blev værket fremført i et 3D-lydmiljø med 48 højttalere af cellist Toke Møldrup i samarbejde med undertegnede. [Link til koncert med Cinq Études.](#)

En binaural version af værket kan høres på de digitale streaming-tjenester fra maj 2026 under titlen: **Cinq Études** af Ejnar Kanding.

Denne forskningsartikel om KUV-projektet vil kunne læses via min egen hjemmeside under fanen *Research* og på sigt vil den også være tilgængelig på DKDMs platform:

[Link til KUV-projektet på Kandings site.](#)

Således kan KUV-projektets resultat skitseres i fem punkter:

- Partitur, nodeudgivelse Edition•S: **Cinq Études**: [Link til Cinq Études partitur.](#)
- Max project som interface til koncertafvikling som download: [Link til download af Max-project til Cinq Études.](#)
- Uropførelsen af værket d. 9. oktober 2024: [Link til koncert med Cinq Études.](#)
- Digital binaural og dolby atmos udgivelse i maj 2026. Søg online: Ejnar Kanding: Cinq Études.
- Forskningsartikel: [Link til KUV-projektet på Kandings site.](#)

¹ <https://cycling74.com/> Besøgsdato: 2025-03-04.

Afgrænsning af emne

Soloværket er musik for et instrument. Sandsynligvis har den udøvende solist eksisteret ligeså længe som mennesket, måske udtrykte allerede neanderthaleren sig musikalsk allerede inden homo sapiens fik sin gang på jorden.²

I den europæiske partiturnoterede musikkultur er nogle af de tidligste kendte soloværker for lut af den italienske renæssancekomponist Francesco Canova da Milano (1497-1543)³. Siden har utallige komponister udfordret soloværkets kunstneriske muligheder. I den klassiske musiktradition spiller det en central rolle som repertoire for musikere og som værk af komponister. Hvis jeg skulle nævne nogle komponister, der har komponeret vigtige soloværker, kommer jeg umiddelbart i tanke om følgende, selvom mange andre kunne fremhæves: Frescobaldi, Froberger, Pagannini, D. Scarlatti, Bach, Händel, Haydn, Mozart, Beethoven, Schubert, Mendelssohn, Schumann, Liszt, Chopin, Brahms, Scriabin, Debussy, Ravel, Bartok og Ligeti. Disse komponister dækker en periode fra tidlig barok i 1600-tallets start til vor tid, idet Ligetis dødsår er 2006. Denne slags værker anvender typisk titler, der repræsenterer en genre, såsom suite, partita, solosonate, præludium, fuga, nocturne, etude, der siger noget om udgangspunkt forstået som form og indhold. I denne tradition er en *etude*⁴ på den ene side udtryk for komponistens kunstneriske ambition og på den anden side en spilleteknisk udfordring. Vægten af de to aspekter fordeler sig forskelligt. Tænk på Czerny, hvor det ofte drejer sig om simple skalaer og akkordbrydninger overfor Chopin, som nok dyrker en spilleteknik i sine etuder, men det er fremfor alt musikkens udtryk, der står i centrum.

Når jeg vælger titlen ***Cinq Études***, er det fordi, mit projekt netop udfolder denne dobbelthed. Den kunstneriske ambition findes i høj grad i cellostemmen, mens den tekniske udfordring primært er flyttet til det teknologiske. Det oprindelige projekt fra FOKU-ansøgningen primo 2020 fokuserede på og havde titlen ***At komponere for cello & real-time processing***. På Det Kongelige Danske Musikkonservatorium blev Ny Sal i 2019 beriget med et 3D lydsystem med 48 højttalere, hvoraf 44 er ens højttalere jævnt fordelt i hele salen i en halvkugleformet ophængning (se bilag 2), mens 4 er subwoofere (som er i stand til at gengive de dybeste frekvenser), der er placeret i hver sit hjørne. Kort sagt: et 44.4 3D lydsystem.

Undervejs har mit fokus forskudt sig i retning af at udforske Ny Sals 3D lydsystem som et medie for det kunstneriske udtryk dog stadig med cello som soloinstrument og klanggiver til den elektroniske lyds bearbejdning. Derfor blev projektets endelige undertitel: ***Komposition for cello & 3D lydsystem***.

² https://en.wikipedia.org/wiki/Prehistoric_music Besøgsdato: 2025-06-06.

³ <https://www.classical-music.com/articles/guide-lute> Besøgsdato: 2025-03-03.

⁴ Etude betyder studie eller øvelse. I musik er det et stykke, der sigter på opøvelse af, eventuelt en bestemt, spilleteknisk færdighed.

Problemformulering

Projektet har til formål at udvikle en ny komposition for cello, dedikeret til Toke Møldrup som solist, med en varighed på ca. 19 minutter. Udgangspunktet er den klassiske musiktraditions partiturmusik i interaktion med computeren som medspiller.

Det nye værk skal anvende Cycling '74s software Max med særligt henblik på dens MC-objekter dels i samplerbaserede klanglige processeringer af partiturets cellostemme og dels som redskab til at realisere en spatialisering af værket i 3D lydsystemet i Ny Sal på Det Kongelige Danske Musikkonservatorium.

Udover selve kompositionen udvikles et digitalt brugerinterface, der skal håndtere computerens direkte interaktion med den udøvende musiker. Interfacet skal være intuitivt og lettilgængeligt for klassisk uddannede musikere uden forudgående erfaring med elektroakustisk musik.

Desuden udvikles en notationspraksis til partituret, som dokumenterer den viden, som er relevant for musikeren i forhold til at fremføre værket (den udøvende dimension). Dette partitur og Max-projektet udgives af Edition•S.

Med henblik på formidling og tilgængeliggørelse skabes såvel en binaural som en dolby atmos version af værket, som udgives på digitale streamingplatforme.

Projektet skal bidrage til, at den klassiske musiktradition med dens specialiserede professionalisme på såvel det skabende som det udøvende område aktualiseres på en måde, hvor det bedste fra to verdener sammensmelter i et nyt kunstværk.

Artiklens opbygning

Denne artikel er struktureret i fire overordnede dele: en indledende kontekstualisering, et hovedafsnit med teori, metode, tekniske beskrivelser og værkanalyse samt en afsluttende refleksion og perspektivering samt sidste del: bilagsmateriale.

Den indledende del (s. 4–9) omfatter en præsentation af projektets titel, tilknytning til FOKU og KUV, samt de medvirkende aktører. Endvidere indeholder denne del en redegørelse for projektets overordnede resultat, dets afgrænsning og problemformulering. Et kort resumé afslutter denne indledende del og giver et overblik over projektets indhold og tilgang.

Hovedafsnittet (s. 10–36) udgør opgavens centrale analytiske kerne og indledes med en teoretisk og metodisk rammesætning. Her introduceres relevante begreber, kategorier, teknologisk kontekst, samt en historisk placering af Max/MSP. Den metodiske tilgang præsenteres og diskuteres, herunder de justeringer og redefineringer, projektet undergik i forløbet.

Dernæst følger en gennemgang af det kunstneriske udviklingsforløb, fra den oprindelige projektidé til den realiserede version. Dette omfatter en teknisk og æstetisk analyse af centrale aspekter såsom brug af MC-objekter, 3D-lydsystemet 44.4, realtidsbearbejdning (RTP), frasering, samplingstrategier og feedbackstrukturer. En oversigtlig skematisering af den kreative proces ... præsenteres som afslutning på denne del.

I afsnittet om værket beskrives partituret og dets ... relation til det udviklede Max-projekt. Hver sats analyseres med fokus på kompositionsteknik og elektronisk bearbejdning. Et særligt afsnit om formidling belyser, hvordan projektet kan tilpasses forskellige målgrupper – både alment interesserede og en musikfaglig målgruppe.

Den afsluttende del (s. 37–38) rummer en konklusion, hvor opgavens hovedpointer sammenfattes, efterfulgt af en perspektivering og refleksion over projektets kunstneriske, tekniske og forskningsmæssige implikationer.

Bilagsmateriale (s. 39–58) dokumenterer processen yderligere gennem dagbogsnotater, tekniske skemaer, fuldstændigt partitur samt et illustrativt eksempel fra Max-projektet. Samt en uddybning af artiklens tilgang til teori.

Resume

Artiklen præsenterer en flersatset komposition for cello og elektronik, udviklet med fokus på sampling og spatialisering i et 48-kanals 3D-lydsystem. Værket udforsker forholdet mellem traditionel kompositionsteknik og kontemporær digital lydkunst, hvor celloens rolle balancerer kunstnerisk i sit udtryk og eneste klanggiver til det elektroniske lag. Et hoveddogme kan formuleres: al lyd der høres i den elektroniske processering skal komme fra det konkret spillede på celloen.

Første sats benytter arpeggios og bølgende teksturer som afsæt for realtidsprocesseret lyd, hvor celloens klang transformeres gennem sampling. Her danner spatialiseringen et levende rumligt landskab omkring det akustiske materiale.

Anden sats er polyrytmisk med tre samplebuffere i en isorytmisk struktur. Den relativt enkle cellostemme giver i sit barokagtige udtryk med skinpolyfoni plads til den komplekse rytmiske struktur i det elektroniske lag.

Tredje sats udfolder en passacaglia-struktur med en bourdon-baseret cellosats som det kompositoriske skelet. Elektronikken realiserer mikrotonale og kromatiske clusters via subharmoniske rækker og eksponentiel transponering, panoreret i 3D.

Fjerde sats, *Numerosa resonantiae*, er skrevet for elektronik alene og arbejder med et 88-bånds resonansfilter, der projicerer 3-6-tonige akkorder gennem filtrering af andensatsens perkussive materiale. Akkorderne placeres rumligt, så de fremhæver den underliggende 3:4:5 polyrytmiske struktur.

Femte sats, *Canon per augmentationem cum libero contrapuncto*, afslutter værket med en kompleks augmentationsstruktur. Celloen fremfører et frit kontrapunkt over to augmentationer af et D-tonalt tema, programmeret med timestretch og pitchshift. Værket kulminerer i en totalkromatisk 32-stemmig kanon, hvor celloens melodi løftes op i sit højeste register og kaster lys over værkets mørkere underlag.

Samlet set fremstår værket som en syntese af kompositorisk præcision og rumlig eksperimentering, hvor 3D-lydsystem, celloens ekspressive kapacitet og digital lydbehandling væves sammen i en flerdimensionel auditiv arkitektur.

Hovedafsnit

Teori og metode

Teori: Definition af begreber

Elektroakustisk musik dækker over musik, der forudsætter brug af højttalere for at kunne høres⁵. Samtidig betegner det en genre med rødder i den vestlige kunstmusik⁶. Genren kan opdeles i tre hovedkategorier:

1. **Akusmatisk musik**
Musik komponeret til udelukkende at blive afspillet via højttalere. Det første eksempel er *Cinq études de bruits* (1948) af Pierre Schaeffer (1910–1995).
2. **Live Electronics** (Live Electronic Music)
Musik hvor elektroniske og akustiske elementer kombineres i realtid under en liveoptræden. Begrebet blev først anvendt af Luigi Nono (1924–1990) i *Con Luigi Dallapiccola* (1979) for slagtøj og live electronics, men det første værk, der anvender teknikken, er *First Airphonic Suite for Theremin and Orchestra* (1929) af Joseph Schillinger (1895–1943).
3. **Elektronisk musik**
Musik skabt udelukkende med elektroniske instrumenter som synthesizer, sampler, el-guitar, el-bas, theremin og ondes Martenot⁷ eller komponeret direkte på en computer. Oprindeligt blev termen brugt om Elektronische Musik, udviklet i 1952 af serielle komponister tilknyttet radiostationen i Köln, hvor man arbejdede med elektronisk genererede klange (for eksempel sinustoner og filtreret støj). Dette stod i kontrast til *Musique Concrète*, opstået i Frankrig i 1948, som byggede på optagelser af eksisterende lyde. Trods æstetiske uenigheder blev praksis hurtigt en syntese mellem de to traditioner, hvor det kunstneriske udtryk – snarere end lydens ophav – blev det centrale.

Teori: Definition af kategorier

Man skelner i dag typisk mellem analog og digital syntese – det vil sige, hvordan lydkilden frembringes:

- **Analog syntese**
Lyd skabt af elektroniske kredsløb – for eksempel i analoge synthesizere (Moog, Roland Juno-106), el-guitar eller el-bas. Lydsignalet er kontinuerligt.
- **Digital syntese**
Lyd skabt via binær databehandling – enten i computere eller digitale synthesizere (Yamaha DX7, software-synths). Denne metode hører under betegnelsen Digital

⁵ Begreber som elektroakustisk musik, elektronisk musik og live electronic er stadig flydende, de er ikke veldefinerede. De optræder stadig med varierende betydning i forskellige sammenhænge. Min skitsering af begreber er et forsøg på at komme nærmere en definering.

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Electroacoustic_music Besøgsdato: 2025-06-06.

⁷ Man betragter i dag Telharmonium (1897) af Thaddeus Cahill (1867-1934) som det første elektroniske instrument. Andre tidlige elektroniske instrumenter er sovjetiske Theremin (1919), tyske Electrophon/Sphärophon (1921/1926), franske Ondes Martenot (1928) og tyske Trautonium (1930). De er forløbere for vor tids synthesizer, hvis udvikling for alvor tog fart efter den første Moog synthesizer blev solgt i 1964, udviklet af amerikanske Robert Moog (1934-2005). Den første sampler var den australske Fairlight CMI (1979).

Signal Processing (DSP). Lydsignaler konverteres via DAC (Digital-to-Analog Converter), og mikrofoninput kræver ADC (Analog-to-Digital Converter). Digitale signaler er diskrete og segmenteret i bits – i modsætning til de glatte bølgeformer i analoge signaler. Hovedforskellen er altså, at analog syntese er baseret på fysiske kredsløb, mens digital syntese anvender algoritmer.

Teori: Digital lydbehandling i praksis

Jeg arbejder med Cycling '74's Max, der benytter digital lyd i form af Digital Signal Processing (DSP). Afhængig af computerens processorkraft kan denne behandling ske i realtid (Real-Time Processing – RTP), som opdeles i tre hovedkategorier:

1. Audio Effect Processing (AE)

Akustiske signaler bearbejdes med rumklang, delay, flanger, filtrering med mere. AE udvider et instruments klang med et digitalt lag, som straks gengives via højttalere som en slags surreal parallel til den akustiske lyd i rummet.

2. Digital Synthesis (DS)

Nye lyde genereres fra bunden ved hjælp af teknikker som additiv og subtraktiv syntese, FM-syntese og physical modelling. Disse kan afspilles via MIDI eller programmeres direkte i Max.

3. Sampling Processing (SP)

Arbejder med optagede lydbuffer (for eksempel vind, trafik, instrumentoptagelser), som bearbejdes med granular syntese, timestretching, transposition med mere. I modsætning til DS, som skaber lyd fra bunden, tager SP udgangspunkt i eksisterende materiale.

SP kan ses som et blandingsfelt mellem AE og DS: På den ene side manipuleres allerede eksisterende lyd som i AE, og på den anden side kan samplern spilles på som et instrument via MIDI, som i DS. Da sampling udgør et væsentligt felt med egen historie og stor udbredelse, anser jeg SP som en selvstændig kategori.

Tredimensionel lyd (3D-lyd) handler om placering og bevægelse af lyd i rummet – ikke hvordan lyden skabes. Lyd kan panorere eller placeres forskellige steder omkring lytteren, typisk med flere højttalere. Denne teknik kaldes **spatialisering** og findes også under betegnelserne spatial audio, surround sound og rumlig lyd. De fremherskende formater er:

- 5.1, der består af fem højttalere og en subwoofer (også kaldet LFE for Low Frequency Effect).
- Ambisonics med henholdsvis 4, 9 eller 16 højttalere (henholdsvis 1st order, 2nd order og 3rd order).
- Dolby Atmos har normalt syv højttalere, der omkranser lytteren, en LFE og fire højttalere ovenover lytteren, altså et 7.1.4 format.
- Binaural audio er flerkanals lyd (for eksempel et af de tre ovenstående), der er mikset ned til at blive hørt i hovedtelefoner, hvor det oprindelige spatielle lydbillede er bevaret, selvom det afspilles fra kun to højttalere.

Teori: MIDI vs. audio-baseret komposition

Komponister arbejder ofte med enten et MIDI-baseret eller et audio-baseret udgangspunkt:

- MIDI-baseret praksis fokuserer på at spille rytmisk eller tonalt materiale fra en piano roll eller et MIDI-clip⁸.
- Audio-baseret praksis tager udgangspunkt i selve lyden og bygger værket omkring klanglige kvaliteter.

Selvom mange kombinerer de to tilgange, er den æstetiske tilgang typisk forankret i enten den ene eller den anden metode.

Teori: Historisk ramme omkring Max

Max (også kendt som Max/MSP eller Max/MSP/Jitter) er et visuelt, objektorienteret programmeringssprog til musik og multimedie, udviklet af softwarefirmaet Cycling '74 i San Francisco.

- 1985: Miller Puckette udvikler Max på IRCAM i Paris.
- 1989: IRCAM lancerer Max/FTS (Faster Than Sound), der kan håndtere audio.
- 1990: David Zicarelli udgiver Max som kommerciel version via Opcode.
- 1996: Puckette udvikler open source-alternativet *Pure Data (Pd)*.
- 1997: IRCAM lancerer *jMax* (Java-baseret). Samme år danner Zicarelli firmaet Cycling '74 og udvikler Max videre til Max/MSP.
- 2003: *Jitter* tilføjes som videomodul (Max/MSP/Jitter).
- 2011: Max integreres i Ableton Live som *Max for Live*.
- 2017: Ableton opkøber Cycling '74, men Zicarelli fortsætter som leder.
- 2018: Max 8 udkommer med MC-objekter (multikanal).
- 2024: Max 9 lanceres.

Teori: Max som redskab

Personligt startede mit Max-liv så småt omkring min komponistklasse debutkoncert i 1996, hvor jeg anvendte Max via MIDI til at kontrollere i første omgang en Ensoniq DP4+ effects processor. I næste omgang tilføjede jeg i 1997 en AKAI 3200XL sampler. Så jeg stod på spring, da Macintosh lancerede sin MacBook G3 i 1999 og gik ind i en omfattende studieperiode af Max/MSP i år 2000. **Herefter har jeg i en ubrudt proces udviklet en række Max-patches. Integrering af Max i min praksis er både et kompositorisk redskab og en bestanddel i mit kunstneriske udtryk. Max er således det redskab, jeg anvender til metode i mit projekt.**

⁸ I de gængse Digital Audio Workstations (DAW) såsom Logic, Ableton, Cubase, FL Studio, Reaper kan man håndtere MIDI. Terminologien er lidt forskellig, men princippet er, at MIDI noder indsættes i et klaviatur grid (MIDI-clip eller piano roll), hvor tonehøjde, varighed og lydstyrke er indbygget i hver MIDI node. En lang række andre parametre kan også håndteres gennem MIDI systemet. Pointen er, at det er en alternativ repræsentation af det traditionelle partitur, der effektivt anvendes til at håndtere eller spille lyd igennem en software.

Metode

Denne undersøgelse tager udgangspunkt i en kompositorisk praksis, hvor celloens akustiske klang udvides elektronisk gennem realtids lydbehandling og tredimensionel spatialisering. Centralt for projektet er, at det musikalske materiale, som celloen fremfører – og som er fastlagt i et partitur – udgør det klanglige grundlag. De elektroniske processer er således konciperet som en forløbsmæssig og klanglig forlængelse af den akustiske performance.

Metoden konkretiseres i værket *Cinq Études* for solo-cello og live electronics, hvor digitale teknikker i Max/MSP anvendes til sampling, transformation og 3D-spatialisering. Hver af værkets fem satser undersøger en distinkt musikalsk problemstilling gennem en kombination af instrumentale og elektroniske teknikker:

1. ***Prélude (præludium)***

Arpeggio teknik over celloens fire strenge med kromatiske faldende samtidige linjer, der afsluttes med en fri rytmisk kadence klingende over de elektroniske klange, der er elektronisk udstrakte gengivelser af de allerede spillede arpeggi

2. ***Isorythmique (isorytmik)***

Et rytmisk markeret ostinat konfronteres med enkel barokagtig sats, der satsteknisk anvender skinpolyfoni. Dette akkompagneres af samplede perkussive klange, som er frembragt på celloen i satsens første takter, og de danner et komplekst polyrytmisk lag. De perkussive lag definerer den isorytmiske sats, som gradvist bliver et komplekst polyrytmisk lag tilvejebragt gennem anvendelse af MC-sampling.

3. ***Passacaglia***

En sats, hvor en bourdon-baseret lyrisk melodi danner grundlag for samspillet mellem cello og dens elektronisk genererede augmentationskanon. I en fri midterdel udvides det elektroniske lag til en 8-stemmig kanon, rytmisk proportioneret som en subharmonisk række med mikrotonalitet til følge.

4. ***Numerosa resonantiae (talrige resonanser)***

Denne sats er udelukkende for elektroniske klange og baserer sig på et 88-delt resonansfilter designet til at matche tonerne på et klaviatur. Det tidligere samplede perkussive materiale – anslag på celloens træoverflade (fra sats 2) – anvendes som input, og via filtrering fremkommer seks distinkte akkorder. Akkordernes rytmiske struktur konfronterer det isorytmiske samplede lag med en 3:4:5 polyrytmisk tekstur.

5. ***Canon per augmentationem cum libero contrapuncto (augmentationskanon med frit kontrapunkt)***

Efter et ottetakters D-tonalt tema indeholdende alle tolv toner følger et frit kontrapunkt over en tostemmig augmentationskanon. Den ene stemme er forstørret med faktor 1,5 og den anden med faktor 2, begyndende i henholdsvis C# og C. Faktor-2-stemmen fremføres tre gange (3×16 takter), mens faktor-1,5 fremføres fire gange (4×12 takter), i alt 48 takter. En formmæssig 3:4 struktur. Satsen kulminerer i en totalkromatisk 32-stemmig kanon, over hvilken cellisten fremfører en ekspressiv, sangbar melodi, der gradvist bevæger sig mod instrumentets højeste register.

Flere detaljer om satsernes tilblivelse og de tilhørende overvejelser findes i **Bilag 1:**

Overvejelser og tilblivelsesproces fra dagbogsnotater, der dokumenterer skabelsesprocessens forløb og centrale refleksioner.

Konkluderende afsnit om Teori og Metode

Der findes et ual af tilgange til at arbejde med elektroniske klange i musik. ***I denne kontekst er tilgangen et soloinstrument, celloen, i interaktion med elektronisk lyd spatialiseret i et 48 kanals højttaler setup.*** Det kunne bestemt være interessant at arbejde med flere instrumenter end blot et soloinstrument. Valget af et soloinstrument, frem for en større besætning, er metodisk begrundet i ønsket om at fokusere på de tekniske og kunstneriske potentialer ved 3D-spatialisering, snarere end på de kompositoriske muligheder, der er i en større besætning.

Til realiseringen af den elektroniske del anvendes Max/MSP, specifikt MC-objekterne, som siden deres introduktion i 2018 har muliggjort en ny tilgang til multikanals audiobehandling. Valget af denne metode er dels begrundet i MC-objekternes teknologiske nyhedsværdi, dels i den kunstneriske kontinuitet, de repræsenterer i forhold til mit tidligere arbejde med Max i kombination med akustiske instrumenter.

Max er kun en blandt mange tilgange til at arbejde med 3D. Multikanal spatialisering kan naturligvis realiseres gennem en række alternative platforme og teknologier, herunder IRCAMs SPAT, ICST Ambisonics og forskellige plugin-baserede systemer. Ligeledes kunne projektet have været udvidet med anvendelse af både AE-teknikker (audio effects processing) og DS-teknikker (digital synthesis). Fravalget af AE skyldes primært ønsket om at undgå feedbackproblemer i et system med mange højttalere. Fravalget af DS er metodisk funderet i projektets kunstneriske præmis: at al lyd skal udspringe af celloen og være forankret i partiturets notation.

I en anden kontekst ville det være oplagt og kunstnerisk frugtbart at undersøge en større besætning og inddragelse af såvel AE- og DS-teknikker; men i dette projekt er fokus klart rettet mod samspillet mellem én instrumental kilde og dens elektroniske udvidelse gennem spatialisering.

Projekt: før og efter

Kontinuum som kunstnerisk middel

I mit projekt er det implicit, at det er en god ide at blande akustisk og elektronisk lyd. Langt fra alle komponister er enige i dette. Nogle vil hævde, at det er dårlig ide, at det er uforenelige elementer. På trods af det har en stor del af mit kunstneriske virke bestået af netop denne blanding. Den store udfordring er, hvordan man kan lykkes med at integrere det akustiske og elektroniske. Det afhænger af, hvilke teknikker, der bliver anvendt i et bestemt stykke. Anvendes for eksempel udelukkende audio effects (AE) er det normalt enkelt at opleve en sammenhæng, da det spillede blot farvelægges med effekter. Ved sampling (SP), hvor lyden lagres i buffere, kan transformationen af det spillede hurtigt klinge langt fra det oprindeligt spillede. Der er altså en kunstnerisk udfordring i at lykkes med, at materialet fra de akustiske instrumenter, der anvender sampling-teknikker, kan opleves autentisk. Når samplerne processerer klangen, bliver det en udfordring at finde en kunstnerisk løsning på gennem nogle perceptionsmæssigt forståelige skridt at opnå en klang og tekstur, som kan relateres til det oprindelige akustiske input. Hvor er grænsen til, at sammenhængen bliver så abstrakt, at den ikke kan erfares? Udfordringen er at opnå et kontinuum fra det instrumentalt spillede til det digitalt processerede, fra akustisk lyd til DSP, fra det konkret realistiske til det abstrakt surreale.

I det følgende redegøres for hvorfor jeg fandt det nødvendigt at omdefinere det oprindelige projekt, der afspejlede en egen praksis gennem mange år til et projekt, der blev oplagt på grund af ydre ikke forudsatte muligheder. I forlængelse af dette føles det relevant at skitsere nogle nedslag i projektets tidsmæssige forløb samt det faktum, at Ny Sal stod klar med en 3D lydsystem. Det videreføres i en omtale af generelle udfordringer i integration af akustisk og elektronisk lyd, der udmunder i en skematisk fremstilling af mit bud på, hvad der skal til for at lykkes kunstnerisk med at blande akustisk og elektronisk lyd.

Oprindeligt projekt, begrundelse for omdefinering

Det oprindelige projekt, som beskrevet i FOKU-ansøgningen fra begyndelsen af 2020, bar titlen ***At komponere for cello & real-time processing*** og havde som omdrejningspunkt en videreudvikling af mine tidligere arbejder med transformation af instrumental lyd i realtid. To forhold førte imidlertid til en justering af projektets fokus og metode. For det første blev jeg opmærksom på, at DKDM havde investeret i et high-end 3D lydsystem med 48 højttalere i en halvkugleformet ophængning i Ny Sal, der blev indviet d.19. september 2019. For det andet havde Cycling '74 – i deres softwareopdatering af Max til version 8 d.25. september 2018 – indarbejdet et helt nyt koncept, der gør brug af MC-objects⁹. Disse objekter kan have flere audio kanaler i en patchcord fremfor tidligere kun én audio kanal. Denne funktionalitet blev desuden tilføjet en lang række allerede eksisterende objekter, hvilket har åbnet for en betydelig udvidelse af muligheder og større effektivitet i Max.

Disse to omstændigheder inspirerede mig til at redefinere projektets formål. Fokus blev flyttet til en undersøgelse af MC-objekternes potentiale som metode til at realisere spatialisering af elektronisk lyd i Ny Sals 3D-setup, samtidig med at celloens rolle som soloinstrument og lydkilde forblev intakt. Projektets undertitel blev derfor ændret til ***Komposition for cello & 3D-lydsystem.***

⁹ <https://docs.cycling74.com/userguide/mc/> Besøgsdato: 2025-03-04.

Ændringer i metode og praksis

I det oprindelige projekt var det en pointe, at celloens lyd skulle transformeres direkte gennem real-time processing (RTP) primært ved hjælp af AE og SP. Det er et koncept, jeg i høj grad har dyrket i en lang række værker siden 2003. Det har den fordel, at den elektroniske lyd følger musikeren, som da kan bevare sin fornemmelse for fraserings og tempo i den for den klassiske musiks så karakteristiske flydende tid. Fremfor den fastlåste tid og mere mekaniske spillestil, som der er fare for, hvis man anvender click-track til at synkronisere musiker og elektronik.

Min normale praksis har været at udvikle mine værker i en kvadrofon spatialisering, fordi det er et oplagt format, der tilvejebringer en situation, hvor lyden omkranser lytteren ciklært i ét horisontalt plan: såkaldt surround sound. Et værk, der er kvadrofont, kan ofte nedmixes til stereo og stadig give en tydelig og tilfredsstillende oplevelse af værkets kvaliteter.

Naturligvis er surround dimensionen ikke tilstede, ligesom en live fremførelse også altid vil bringe en ekstra dimension til et værk sammenlignet med, når det høres gengivet alene via højttalere. Nedmixning til stereo fra et 3D lydsystem med 48-højttalere i et halvkugleformet ophæng er straks mere problematisk, da højdedimensionen og den forfinede lytning udgået fra mange højttalere ikke kan tilvejebringes i et stereo-format, som var den oprindelige hensigt. Fremfor stereoformat vil stykket blive udgivet i et binauralt format og i Dolby Atmos¹⁰. Dolby Atmos anvendes på Apple Music via Apples *Spatial Audio*-format, der siden 2021 har gjort det muligt at simulere rumlig lyd i hovedtelefoner gennem virtuel placering af lydkilder. Atmos-formatet 7.1.4 kombinerer et horisontalt plan (7 højttalere), en subwoofer (LFE) og fire overhead-højttalere til at gengive lyd fra oven¹¹. En nedmixning til dette format har vist sig at være en tilfredsstillende løsning til videreformidling af værkets spatiale kvaliteter. Denne løsningsmodel videreføres i mit kommende projekt: ***Komposition for strygekvartet & 3D-lydsystem***.

¹⁰ <https://www.apple.com/newsroom/2021/05/apple-music-announces-spatial-audio-and-lossless-audio/>

Besøgsdato: 2025-03-06.

¹¹ <https://www.dolby.com/experience/home-entertainment/articles/what-is-spatial-audio/#whatisspatialaudio>

Besøgsdato: 2025-03-07.

Sammenligning mellem det oprindelige og det aktuelle projekt:

Element:	Oprindeligt projekt:	Aktuelt projekt:
Instrumental opsætning	Cello og real-time processing (RTP)	Cello og 3D-lydsystem
Elektronisk metode	AE og SP i realtid (RTP)	Sampling med MC-objects (SP)
Spatialisering	Kvadrofont værk, der nedmixes og udgives i stereo	48-kanals højttaler 3D setup, der nedmixes til Dolby Atmos og udgives binauralt og i Apple Spatial Audio
Tidsstruktur	Musikeren er leder: frasering og tidsfornemmelse er styrende, mens computeren følger efter	Forudindspillede buffers bliver styrende i visse afsnit, musikeren interagerer dog med det aktuelt hørte, click-track anvendes til indspilning af buffers. Der er stadig frie sektioner, hvor musikeren er styrende.
Synkronisering	Computeren følger musikeren	Click-track har medført tidsmæssigt præcise bufferindspilninger, som fastholder cellistens tempo. Andre sektioner er frie tempomæssigt, fordi det elektroniske er tænkt asynkront fungerende indenfor en relativ tidszone fremfor en absolut synkronisering efter et fastlåst tempo

Projektets rejse – fra idé til færdig komposition og 3D realisering – har været præget af både teknologiske landvindinger og kunstneriske erkendelser. Den følgende tidslinje giver et overblik over denne proces.

Tidslinje for *Cinq Études* og MC-objekter i andre værker

Kronologisk oversigt

- 2019 d.4.12: første tanker om projektet formuleres.
- 2020 d.20.4: ansøgning til første del af projektet, FOKU 2020-2021.
- 2020 d.26.5: tilsagn til FOKU-projekt.
- 2020 d.21.10: møde med Toke Møldrup om spilleteknikker på cello.
- 2021 d.25.2: ansøgning til videreførelse af projektet, FOKU 2021-2022.
- 2021 d.1.4: tilsagn til fortsættelse af FOKU-projekt.
- 2022 d.24.7: første version af Max-project er klar.
- 2022 d.3.8: kompositionen færdiggøres i sin første version med seks satser.
- 2022 d.10.11: indspilning af samples til buffers med Toke Møldrup, cello.
- 2023 d.30.1: møde med Peter Barnow januar omkring, hvordan Ny Sal 3D lydsystemet fungerer og initialiseres til brug.
- 2023 d.19.5: anden version af Max-project er klar.
- 2023 projektet ligger i dvale, da jeg ikke kan komme videre med spatialiseringen, blandt andet fordi det er vanskeligt at få arbejdstid i Ny Sal til at færdigudvikle spatialiseringen.
- 2024 september-oktober: arbejde med 3D realiseringen i Ny Sal med assistent og tonemester Aske Vang Rasmussen.
- 2024 d.21.9: en ny anden sats erstatter den tidligere
- 2024 d.28.9: tredje version af Max-project er klar. De to sidste satser i 2022-versionen af partituret sløjfes, og der komponeres en ny fjerde sats, herefter er der fem satser i stedet for seks.
- 2024 d.7.10: fjerde version af Max-project er klar til koncert.
- 2024 d.9.10 uropførelse ved Immersive Sessions koncert.
- 2025 færdiggørelse af artikel.
- 2025 d.20.10 indspilning af værket med Toke Møldrup og Aske Vang Rasmussen.
- 2026 februar, færdiggørelse af mix og master til binaural og dolby atmos udgivelse.
- 2026 maj, albumudgivelse af *Cinq Études*.

Brug af MC-objekter i andre egne værker

Anden relevant forskning i MC-objekter i samme periode anvendt i andre egne kompositioner fra perioden 2020-2024, idet MC-objekter i disse spiller en væsentlig rolle i disse værker:

- Nordic Trilogy:
 - Nordic Broken (2020, 19 min)
 - Nordic Fragments (2021 23:30 min)
 - Nordic Extraction (2022, 29 min)
- Harmonices Mundi – Celestial Bodies (2021, 31 min)
- Slender Trees (2023, 21 min)
- Indestructible (2024, 27 min)

Som det fremgår, har jeg parallelt med dette KUV-projekt udforsket MC-objekternes potentiale i en række andre værker, hvilket har været med til at udvide og nuancere min forståelse af deres muligheder. Denne viden har haft direkte indflydelse på de valg, jeg har truffet i den aktuelle komposition. I det følgende afsnit beskrives de centrale tekniske og

æstetiske udfordringer i arbejdet med det konkrete 3D-lydsystem, herunder frasering, feedback og overhør, samt buffer- og samplerbaseret behandling.

Udfordrende komplikationer

3D lydsystem 44.4

I den klassiske musik er en etude et værk, der på den ene side udtrykker komponistens kunstneriske ambition, og på den anden side dyrker den en afgrænset spilleteknisk og gerne virtuos udfordring. ***I mit værk er cello-stemmen den bærende kraft i det kunstneriske udtryk, mens den virtuose teknik primært udforskes i den elektroniske realisering af lydens bevægelse i de 48 højttalere, der er installeret kugleformet i DKDMs Ny Sal.*** De 48 højttalere består af 44 ens højttalere (satellitter) og 4 bashøjttalere (subwoofere, Low Frequency Effect (LFE)) produceret af danske Dynaudio. Man angiver ofte en sådan konfiguration med tal adskilt af et punktum, hvor første tal er antal satellitter og andet tal er antal LFE'er, altså: 44.4. Se **Bilag 2: Oversigt over Ny Sals højttaler opsætning.**

Om RTP og frasering

At anvende RTP (real-time processing) på den måde, at et instruments lyd fremført fra scenen i samme nu via en mikrofon omdannes til et digitalt signal (DAC), der transformeres i en computer og som øjeblikkelig bliver sendt tilbage gennem højttalere (ADC) og udvider instrumentets klang simultant med, at musikværket fremføres, finder jeg kunstnerisk interessant og udfordrende. De teknikker, der generelt er i brug i andre værker til at transformere den akustiske klang, er AE (audio effects) og SP (sampling processing techniques). Live input er klart mest tilfredsstillende at spille med for den udøvende. Fordi alt hvad der spilles i nuet, afspejles direkte i det afspillede elektroniske. ***Der er høj troværdighed mellem det reelt hørte fra instrumentet og det transformerede eller manipulerede fra computeren: det surreale. Det er den model, jeg selv foretrækker og som findes i de fleste af mine kompositioner. Man kan sige, at computeren følger musikeren og ikke omvendt.*** Det betyder, at den klassiske fornemmelse for tid og tempo, der høres i musikerens frasering kan bevare sin elasticitet. Det er naturligvis muligt at spille og holde et eksakt tempo uden, at det er mekanisk. Den minimale forskydning gør musikken levende fremfor maskinel, organisk fremfor mekanisk. Det har en vital betydning for perceptionen af den klassiske musik. Man kan indvende at det maskinelle tempo kan have sin berettigelse. Naturligvis kan et mekanisk tempo også være kunstnerisk berettiget, hvis det er kompositionens intention. Men det er værd at gå langt for at bevare fraseringens elasticitet, når den er det ønskede æstetiske udtryk. Det er kompositionens intention, der afgør om frasens elasticitet eller det mekaniske tempo er den rigtige løsning.

Feedback og overhør

Mikrofonen er en nødvendighed for at omsætte akustisk lyd til digital information, men den har visse ulemper. En omfattende problematik er feedback – en selvforstærkende lyd, som hurtigt bliver uudholdelig, hvis den ikke afbrydes. For at mindske risikoen placeres mikrofonen så tæt på instrumentet som muligt, men det reducerer lydens kvalitet. Et instrument lyder sjældent godt i en afstand på 5–15 cm; først ved 80–150 cm får lyden den nødvendige udbredelse i rummet, der giver klarhed og fylde. Det tab i klang forsøger man at kompensere for ved brug af en equalizer, der kan forstærke eller dæmpe forskellige frekvensområder. Det er ikke optimalt, men kan hjælpe markant, når det anvendes korrekt og smagfuldt.

Et andet problem er det, man kalder overhør: En mikrofon opfanger alt lyd i rummet. Ved flere musikere, hver med sin mikrofon, vil alle mikrofoner opfange alle instrumenter –

eksempelvis vil et klaver være tydeligt i celloens mikrofon. Hvis man for eksempel har et værk for cello og klaver, så vil klaveret også være hørbart tilstede i celloens mikrofon, hvilket betyder, at den effekt, som eventuelt kun skulle anvendes på celloens klang også som et biprodukt modtager lyd fra klaveret. På den måde bliver cello-effekten ikke ren men får noget af klaverets lyd med i sig. ***Der høres en afsmitning fra mikrofonens overhør. Det er et problem, der ikke kan undgås, og man bør derfor tage højde for det i forhold til det kunstneriske udtryk, man har ambition om. Man opnår det bedste resultat, hvis man er pragmatisk i sin tilgang i stedet for at fordre noget urealistisk. I mit projekt er overhør ikke et problem, da det er et soloværk.***

Kontinuum som kunstnerisk idé

Anvendelse af direkte AE i en 3D 44.4 konfiguration, hvor højttalere er allestedsnærværende som i Ny Sal, ville uundgåeligt give massive problemer med feedback. Derfor har jeg fravalgt AE (audio effects processing), som ellers ville have haft en dominerende rolle i mit oprindelige projekt ***At komponere for cello & real-time processing***. I det redefinerede projekt anvender jeg SP (sampling processing techniques) i stedet for AE, da jeg på forhånd kan indspille celloen fra de afsnit og fragmenter i partituret, der skal anvendes i samplernes buffere. Det giver flere fordele:

- Jeg kan eksperimentere med anvendelse af MC-objekter uafhængigt af en cellist.
- Der bliver ikke problemer med feedback.
- Jeg kan stadig overholde mit oprindelige dogme om, at al lyd i værket skal komme fra celloen.
- Buffernes indhold kan indspilles tempomæssigt helt præcist.

Den afgørende forskel fra det oprindelige projekt er altså, at celloens lyd som bruges i værket ikke optages i nuet fra den live spillede koncert, men er forudindspillet. Dog høres det på forhånd indspillede stadig live, da det er noteret i partituret som en integreret del af værket.

At buffernes indhold er indspillet med mekanisk præcision giver to yderligere fordele:

- Proportioner, der ligger til grund for kanon teknikker i værket, bliver eksakte.
- Musikeren er sikker på, at samplernes afspilninger er korrekte, så han kan lytte sig ind i det præcise tempo og stadig have fokus på sin frase.

På den måde generobres den elastiske spillestil fra det mekaniske.

Ulempen ved forudindspilning er, at den klang og intensitet, der er indspillet med kan være anderledes end det, man hører eller oplever i den konkrete version, der klinger på koncerten, hvilket i værste fald kan underminere dogmets troværdighed, at alt, hvad der høres, kommer fra celloen.

I mit projekt kan man tilvælge real-time indspilning til sample buffere. Det får den konsekvens, at enhver lille afvigelse fra det noterede vil forplante sig i resten af satsen, hvilket vil få konsekvenser for, hvordan solisten skal forme sit spil. Det er en sympatisk situation, som jeg har anvendt i en række tidligere kompositioner. Det føles dog ikke nødvendigvis mere frit. Valget mellem forudindspillede eller real-time indspillede buffere er svært, men bør besluttet med hensyntagen til, hvad, der tjener værkets udtryk og solistens spillemåde bedst. I Cinq Études anvendes i første sats en buffer, der skal indeholde de første 26 takter. Den elektroniske processering fra sampleren begynder allerede i takt 4. Da det elektroniske lydbillede er stort og fylder salen ud som et orkestralt tutti, ville der med en real-time optagelse til bufferen være et anseligt overhør, der ville tilsløre den fine udstrakte kanoniske struktur, som er satsens pointe. Derfor vil førstesatsen være bedst tjent med en forudindspillet buffer. Man kan også forestille sig en kombination af forudindspilning og live-indspilning, men det kræver en ny cue-struktur i partitur og Max patch. En kommende opførelse kunne meget vel have den fokus med den fordring at udarbejde dette, så patch og partitur altså ville fremstå i tre versioner:

1. forudindspillede buffere.
2. real-time indspillede buffere.

3. første buffer forudindspillet, resten real-time.

Et andet interessant perspektiv er, at Max-projektet kan anvendes i en improvisatorisk kontekst for eksempel med et helt andet soloinstrument, hvor et helt andet musikalsk udtryk ville fremkomme, men den omfattende spatialisering af samplerne ville principielt forblive den samme. Dette spor kunne jeg også finde interessant at forfølge.

Følgende opsummering skal ses i den sammenhæng, at vi valgte forudindspillede buffere til uropførelse og udgivelse. ***Der er altså en kunstnerisk udfordring i at lykkes med, at materialet i bufferne kan opleves autentisk. Når samplerne processerer klangen, må man finde en kunstnerisk løsning på, at der er nogle perceptionsmæssigt forståelige skridt hen mod den klang og tekstur, som i yderste konsekvens kan lyde meget abstrakt i forhold til det oprindelige input. Man må søge at lykkes med gennem en trinvis proces at opnå et kontinuum fra det konkret realistiske til det abstrakt surreale.***

Skema over en trinvis proces mod et kontinuum:

Koncertlyd fra cello	Gengivelse	Trinvis proces	Kontinuum
Fragmenter og afsnit fra partituret er indspillet på forhånd og findes i buffers	Samplerens afspilning af buffere skal kunne relateres til celloen, så den fremstår realistisk og troværdig.	Bearbejdning af klang til en ny fremtrædelse af den fra celloen indkomne lyd i forståelige skridt	Et kontinuum til den helt abstrakte tekstur som resultat af MC-objekternes processering
REALE	RELATERBARE	KONTINUUM	SURREALE

Perceptuelt skabes en tilstand, hvor man i en gradvis proces rejser med den realistiske cello til den surrealistiske elektroniske tekstur. Der opnås et kontinuum.

Værket

Partitur

Under cellostemmen i partituret findes et system, hvor forskellige tal indikerer cues – for eksempel de i en cirkel indrammede tal 7 og 8 (se eksempel fra *Cinq Études*, takt 119–124). (Se eventuelt: Bilag 3: Partituret i sin helhed).

The image shows a musical score for a cello and a MIDI controller. The cello part is written on a single staff with a bass clef, starting at measure 119. The MIDI controller part is written on a single staff with a treble clef, starting at measure 119. The MIDI staff includes a 'tempo' section and two numbered cues, 7 and 8, which are circled. Cue 7 is labeled 'smp5 TF 0.5 1' and cue 8 is labeled 'smp5 @chans 16 exponential'. A dashed line at the top of the MIDI staff reads 'synchronize with sampler, see notation below'. The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamic markings like 'mf'.

Tallene 7 og 8 repræsenterer cues, der trigges af cellisten via en MIDI sustain pedal, der er tilkoblet et USB-interface¹². Den RTP, der igangsættes ved et givent cue, er stikordsagtigt beskrevet. Disse stikord er nøjere forklaret i et appendix til partituret. Når man efter nogle gennemprøvnings har lyttet til processeringerne, får man relevante associationer til de beskrevne stikord. **På den måde afkodes stikordene og giver mening for både den udøvende og afvikleren af 3D mixningen. Til gengæld behøver ingen af dem at forholde sig til den komplekse programmering bagved.** I visse tilfælde er disse cues, som er min normale praksis, hvis det i konteksten giver mening, ledsaget af en nodeudskrevet sats, der viser hvad der spilles af computeren (se for eksempel ovenfor takt 122-124).

I andet system takt 122 ses tre af de otte takter, som ligger i buffer 5. Disse otte takter er satsens passacaglia-tema og er identiske med satsens otte første takter i takt 89-96. Når cue 7 i takt 122 trigges afspiller sampler 5 sin buffer (passacaglia-temaet) med hastigheden henholdsvis 1 og 0,5. Det betyder, at man hører de otte takter i deres oprindelige tempo (tempoet er multipliceret med 1) simultant med, at man hører de samme takter i halvt tempo (multiplicering med 0,5). I system 3 takt 122 ser man, at noderne har den dobbelte længde i forhold til system 2. Halvt tempo har den konsekvens, at alle toner transponeres en oktav ned. Det vil sige, at sampler 5 afspiller de originale otte takter (passacaglia-temaet) i den oprindelige tonehøjde simultant med de samme otte takter i halvt tempo, som altså bliver til en længde på 16 takter og klinger en oktav dybere.

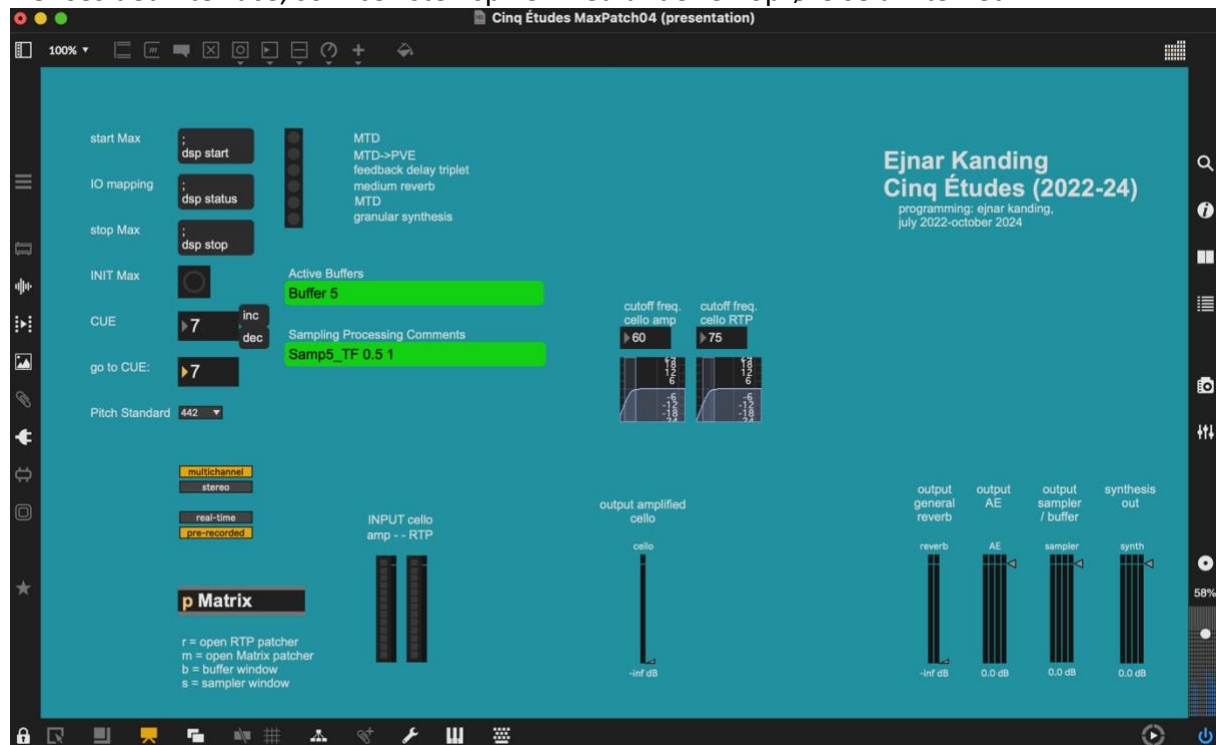
I takt 124 trigges cue 8 hvor sampler 5 igen afspiller sin buffer – nu i 16 forskellige transpositioner, der begynder simultant, og som afspiller både sin originale tonalitet fra D samt 15 andre, hvor hver af disse begynder en halvtone dybere. Den femtende transposition er nede på det H, som klinger en oktav og en lille terts under (en lille decim under). Resultatet af cue 8 er, at man fra begyndelsen hører et totalkromatisk 16-stemmigt cluster (klangfelt). Jo dybere transposition jo længere tid spiller den, hvilket betyder, at en stemme af gangen bliver færdig, så antal stemmer gradvis reduceres fra 16 ned til en stemme, der til

¹² Se Bilag 4: MIDI sustain pedal og USB-interface.

slut klinger en lille decim under udgangspunktet. I parentes bemærket kan man høre, at solistens D-tonale sats på cue 8 bliver sat i perspektiv af et massivt 16-stemmigt cluster, der gradvist bliver skrællet af til kun at indeholde en stemme, der klinger en lille decim under. Sammen med solistens sluttone D kommer satsen således til at slutte på en H-mol-akkord, da bufferens optagelse slutter med et kvintinterval.

Max-project som interface

Her ses det interface, som cellisten spiller med under en opførelse af værket.



Når værket skal fremføres, skal afvikleren trykke øverst til venstre, hvor der står ";dsp start", man kan så vælge om patchet skal afvikle al processing i stereo eller i multichannel. Stereo er relevant, når cellisten øver med patchet, hvor lyd af spilles gennem hovedtelefoner. Multichannel vil spatialisere al lyd til Ny Sals 44.4 3D lydssystem.

På billedet ser man, at cue 7 er aktiveret, og man kan se, at patchet spiller på "Buffer 5" med Sampler 5, der håndterer en transpositionsfaktor (TF) på 0,5 og 1. Præcis som beskrevet ovenfor i partitureksemplet takt 119-124. Nederst i højre hjørne kan man se, at der bruges 58% af processorkraften og nedenunder igen kan man se, at der er lyd igennem mange kanaler samtidig.

Cellisten kan sætte sin MIDI sustain pedal til, tage sin hovedtelefoner på, åbne det relevante Max-project, hvorefter han kan spille sammen med computeren. Enkelt og let tilgængeligt.

Max fungerer på den måde, at når man har downloadet og installeret softwaren, så kan den fuldt ud afvikle Max projekter (og patches) uden licens. Man kan blot ikke gemme ændringer, hvilket heller ikke er relevant. **Der er altså tale om et setup, der ikke koster ret meget, og som er let tilgængeligt at arbejde med som musiker, selvom man ikke kender noget som helst til den bagvedliggende komplekse programmering.** Bilag 5: Eksempler fra Max-project på buffers og samplers.

Kompositionsteknik og 3D processering i hver sats

1. Første sats arpeggio
2. Anden sats polyrytme (harmonisk mol, frygisk, symmetrisk ottetone)
3. Tredje sats er en passacaglia i originale og dobbelte værdier
4. Fjerde sats Talrige Resonanser
5. Femte sats, halvanden gang (4x) og dobbelte værdier (3x), et tolvtonetema, der kan tolkes harmonisk i Dm.

1) Prélude

Titlen betyder præludium. Arpeggio teknik over celloens fire strenge med kromatiske faldende samtidige linjer (takt 1-26), der afsluttes med en fri rytmisk kadence (takt 35-42) klingende over de elektroniske klange, der er udstrakte gengivelser af de allerede spillede arpeggi. Association til J.S.Bachs Prelude II i Cm fra Das Wohltemperierte Klavier I¹³ er nærliggende, da det præludium på tilsvarende måde anvender en strengt gennemført arpeggio-figur, som ender i en friere toccata-lignende sats. Satsen begynder med tonalt forankrede brudte akkorder, men udvikler sig fra takt 10 mod mere abstrakte ikke-tonale klange. Denne bevægelse fra det velkendte til det abstrakte afspejles i den elektroniske del, der igangsættes af cue 2 i takt 4. Den harmoniske udvikling kan tolkes således:

- Takt 1: vekseldominant med septim i bassen
- Takt 2: molsubdominant med sekst
- Takt 3-6: C-dur med tilføjet none
- Takt 7: C-mol med tilføjet none
- Takt 8: Ab-dur
- Takt 9: tilbage til C-mol med tilføjet none

Fra takt 10 giver det mindre mening at høre satsen tonalt, da logikken fra de faldende kromatiske linjer overtager tonaliteten, som bliver mere abstrakt eller tertsløs, det vil sige uden dur-/mol harmonik.

De kromatiske linjer fra takt 1-26 som følger:

- Den øverste: A Ab G – Ab G F# – G F# F E Eb – E Eb D
- Den midterste: F# F E Eb D C# C
- Den i takt 21-22: Eb D C# C
- Nederst er fastholdt C som pedaltone (drone).

Kadencen fra takt 35-42 tænkes rytmisk meget frit, så den kan opleves virtuos med hurtige værdier og faldende helt til ro i et meget langsomt tempo. Som et åndedrag. Den bør fremføres med elasticitet, hvilket er muligt da de elektroniske klange celloen er i samspil med klinger asynkront i en kompleks tonal tilstand. Kadencen starter entydigt i C-mol harmonisk, med fremkomst af F# først som drejenode (takt 36) og siden som skalabærende fra takt 37 bliver det til C-mol zigøjner, fra takt 39 med B og senere Db afsluttes satsen i C frygisk men med en atonal duft frembragt af næstsidste takts langsomme arpeggio akkord.

Konkluderende kan det siges, at en barok formstruktur er fornyet med en konfrontation af dur-mol-tonalitet overfor atonalt struktureret kromatik, beriget gennem brug af MC-sampling.

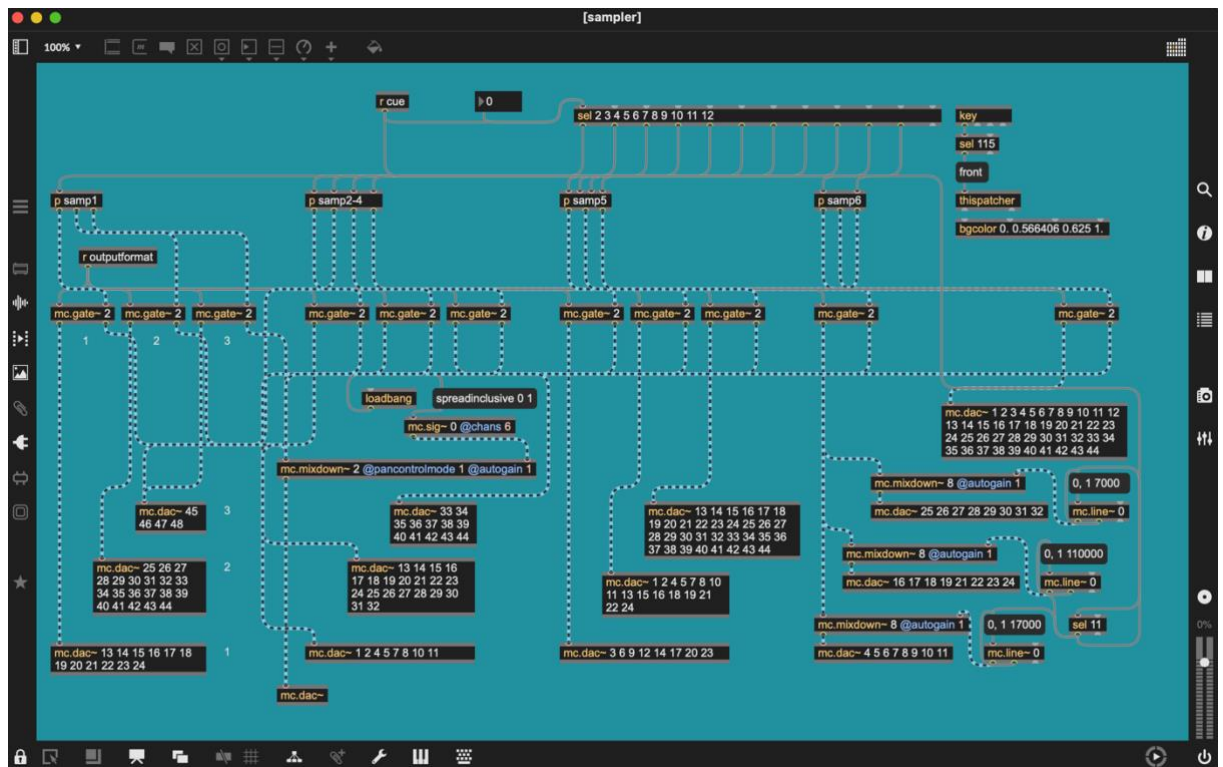
¹³ Præludium 5 i D, 6 i Dm også fra DWK I kan siges at have samme formstruktur, men associationen hertil er ikke så stærk, da tonaliteten i de stykker ikke er baseret på C som den er i *Cinq Études*.

Prélude_3D. Samplerens traditionelle funktion er at kunne afspille lyde ud fra forskellige tonehøjder. Der findes i dag sampling biblioteker, der er klinger fantastisk godt, selvom de aldrig klinger helt så godt som, når musikeren spiller sit instrument. En konsekvens af sampling er, at når en lyd afspilles i halvt tempo og bliver dobbelt så lang, så klinger den en oktav under den optagede lyd. På den måde svarer multiplikation med en bestemt ratio til en defineret transposition. Er tallet større end 1 varer samplet kortere tid end det oprindeligt samplede, er den større en 0 men mindre end 1, så varer den længere tid. Disse transpositioner kan undgås ved hjælp af den teknik, der kaldes timestretching. Så beholder samplet sin oprindelige tonehøjde, men bliver altid kortere eller længere alt efter, hvilken ratio, der multipliceres med.

I denne sats anvendes timestretching på buffer 1, der indeholder indspilningen af takt 1-26. @chans 32 betyder, at der er 32 kanaler med hver sin længde af buffer 1 samplet. Den besked der er angivet som "spreadinclusive 0.5 1" betyder, at der dannes 32 forskellige ratios lineært mellem 0.5 og 1, som det ses i den hvide tabel. Konsekvensen er, at buffer 1 afspilles i sin originale tonehøjde i 32 forskellige hastigheder. Multiplikationsværdierne kan ses i den regneark lignende tabel i "samp1 patchet" nedenfor. Den beregnede varighed af takt 1-26 er 1:08 minutter, hvilket Toke Møldrup rammer præcist, men i takt 26 breder han sig en smule med et crescendo og decresendo på sluttonen, optagelsen er dermed 1:10'. Jeg forlænger samplet til 1:13,333' for at få al udklang med. Denne forlængelse har ikke negative konsekvenser, da bufferens indhold ikke gentages.¹⁴ 1-tallet i "spreadinclusive" repræsenterer altså en varighed på 1:33,333', mens 0.5 repræsenterer den dobbelte varighed på 3:06,666'. De 30 andre kanaler afspiller buffer 1 med længder mellem disse to yderpunkter.

Resultatet bliver en faldende kromatik der høres i forskellige hastigheder, i starten som en tæt tekstur med høj dissonans, men efterhånden som de enkelte kanaler bliver færdige, bliver teksten gradvist mindre dissonerende, og til sidst høres den længste helt alene men i halveret tempo (næstsidste slutter på 2:20,946').

¹⁴ I dette tilfælde er "loop" sat til off, en såkaldt one-shot sampler.



Output til de tre lag for sampler 1, der anvendes i denne sats, kan aflæses fra de tre 'mc.dac~'-objekter, der ses længst til venstre ovenfor.

2) Isorythmique

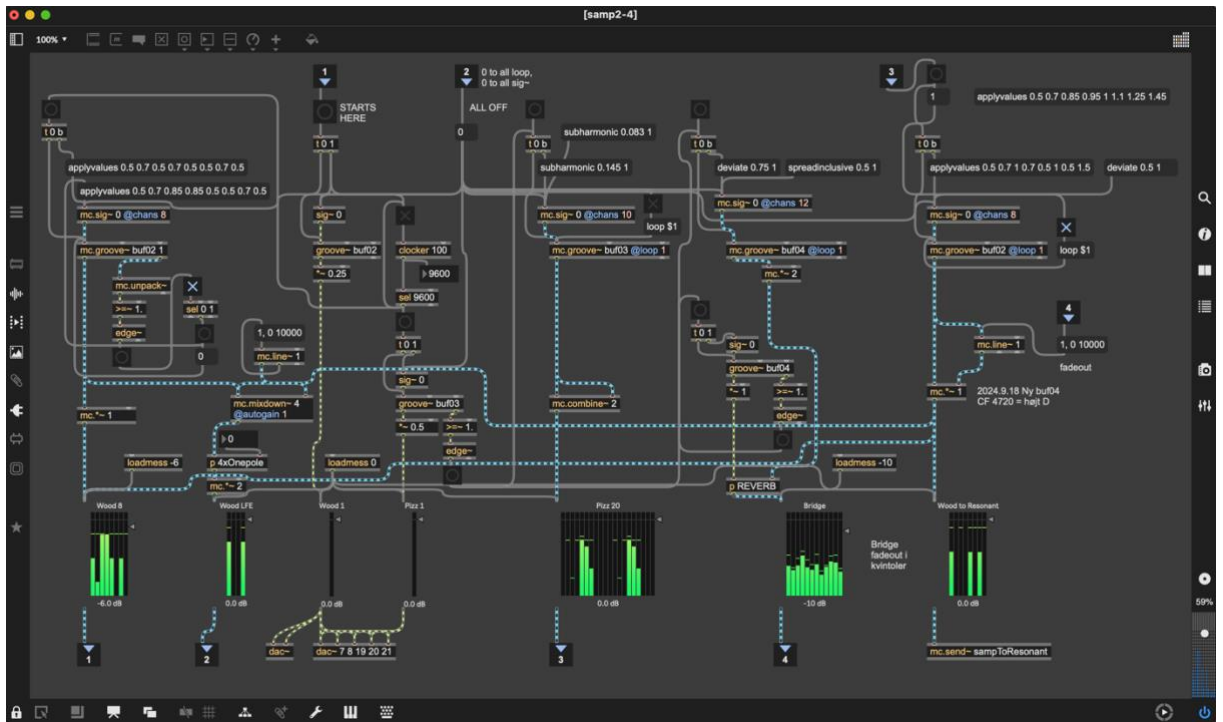
Titlen betyder isorytmik, der står for en renaissance-teknik, hvor to melodilinjier af forskellig længde bringes sammen. Når de repeteres, vil de forskyde sig i forhold til hinanden og til stadighed skabe nye samklange. Den isorytmiske ide er tilstede i de tre buffere (buffer 2-4), der har hver sit rytmisk veldefinerede motiv med hver sin varighed:

- Buffer 2: Bankelyd på celloen – ”trælyd”, varighed 2 takter = 0:09,6’
- Buffer 3: Pizzicato motiv, varighed 3 takter = 0:14,4’
- Buffer 4: Noise motiv på celloens bridge, varighed 5 fjerdedelsnoder = 0:06’

Disse tre motiver vil blive ved at generere nye kombinationer rytmisk og dermed klangligt i $9,6 \cdot 14,4 \cdot 6$ sekunder = 13 minutter og 49,44 sekunder inden den samme kombination kommer tilbage. Men ikke nok med det, så tilføjer MC-objekterne ændrede transpositioner, hvilket beriger den klanglige variation af det minimalistiske og enkle rytmiske materiale, sådan at en polyrytmisk kompleks rytmisk struktur opstår. Så enkelt er det dog ikke, da disse tre buffere ikke blot spiller et uendeligt loop, men de fravælges og tilvælges gennem satsen, så en tydelig musikalsk struktur fremstår, der kan skitseres som: **forspil – intro, A – intro, A, B, B, A – mellemdel – B, A**. Mellemdelen er en kontrast del, mens genkomsten af B og A fremstår som satsens kulmination, hvor især buffer 4 spiller en vigtig rolle i intensiveringen.

Et rytmisk markeret ostinat (A og B) konfronteres med enkel barokagtig sats (mellemdel), der satsteknisk anvender skinpolyfoni. Dette akkompagneres af MC-samplingsens perkussive klange, som er frembragt på celloen i satsens første takter, og der danner et komplekst polyrytmisk lag. Det er således på en gang en isorytmisk sats i traditionel streng forstand samtidig med, at det isorytmiske er en metafor for de fascinerende og komplekse rytmiske lag, der tilvejebringes af MC-samplern.

Isorythmique_3D. Tre perkussive lyde. Her vises blot det subpatch, der danner de irrationelle polyrytmer. Man kan bemærke, at trælyden (buffer 2) sendes gennem et firedoblet Onepole filter for at muliggøre en forstærkning af de dybeste frekvenser, der afspilles i de fire subwoffers med en cirkulær panorering med en cyklus på 10 sekunder. Dertil kommer, at den højfrekvente støjlyd (buffer 4) efter først at høres i sin rene form siden afspilles gennem en lang reverb tid for til sidst at fremstå som et intensiverende klangobjekt i de sidste to B- og A-afsnit.



3) Passacaglia

En passacaglia gentager i sin strengeste udformning en baslinje om og om igen gennem et helt stykke eller afsnit. I en bourdon baseret sats spiller celloen sammen med sin augmented kanon. I en fri mellemdel udvides den elektroniske del til en 8-stemmig kanon, der rytmisk set er proportioneret som en subharmonisk række¹⁵, i hvilken det mikrotonale er i spil. Denne spejling i forskellig tid danner en levende, meditativ spænding mellem forudsigelighed og variation.

Passacaglia_3D. Længst til venstre afspilles *buffer 5* i halvt tempo, hvilket medfører, at passacalia-temaet transponeres en oktav ned (partituret cue 5, takt 113). Det repræsenterer således en augmentationskanon, der panoreres cirkulært i otte højttalere med en periode på 7 sekunder.

Den subharmoniske realisering af *buffer 5* i midten af patchet resulterer i et mikrotonalt forløb (cue 6, takt 117). Den nederste transposition af passacaglia-temaet ligger en tritonus under originaltonaliteten. I et rent kromatisk system ville dette rumme syv halvtonetrin, inklusive originalen. Men her presses otte transpositioner ind i samme interval, hvilket betyder, at hvert trin bliver en smule mindre end en halv tone. Dermed forskydes helheden subtilt ud af den tempererede skala, og resultatet bliver **mikrotonalitet**, som tydeligt afviger fra det kromatiske og giver passacagliaens stemmer en svævende, næsten ustabil karakter. Fra takt 117-128 klinger oktavtranspositionen og det mikrotonale sammen med et frit kontrapunkt i celloen takt 117-122. Celloen sætter ind igen i takt 127 med en ekspressiv *Cadenza*, der klinger sammen med det mikrotonale lag frem til takt 137.

Herefter kommer cue 7 takt 138, hvor celloens frie kontrapunkt spiller sammen med den originale transposition og den oktavtransponerede i halvt tempo. Fra cue 8 takt 140 tilføjes den tredje realisering af *buffer 5*, hvor der anvendes en eksponentiel transponering i 16 halvtonetrin (inklusive starttone D og sluttone H). Der opstår på den måde et helkromatisk cluster med et omfang på en oktav og lille terts nedefter. Oprindeligt var tanken at anvende 8 halvtonetrin, hvilket ville have udvidet det kromatiske forløb en ren kvint ned, men under afprøvningen viste det sig, at den højere densitet af stemmer, opnået med det dobbelte antal halvtonetrin, gav et mere tilfredsstillende resultat. Dette kombineres med sig selv i to modsatrettede panoreringer (med og mod uretningen), den ene med en cyklus på 11 sekunder den anden med 13. Dermed fordeles lyden over 32 kanaler.

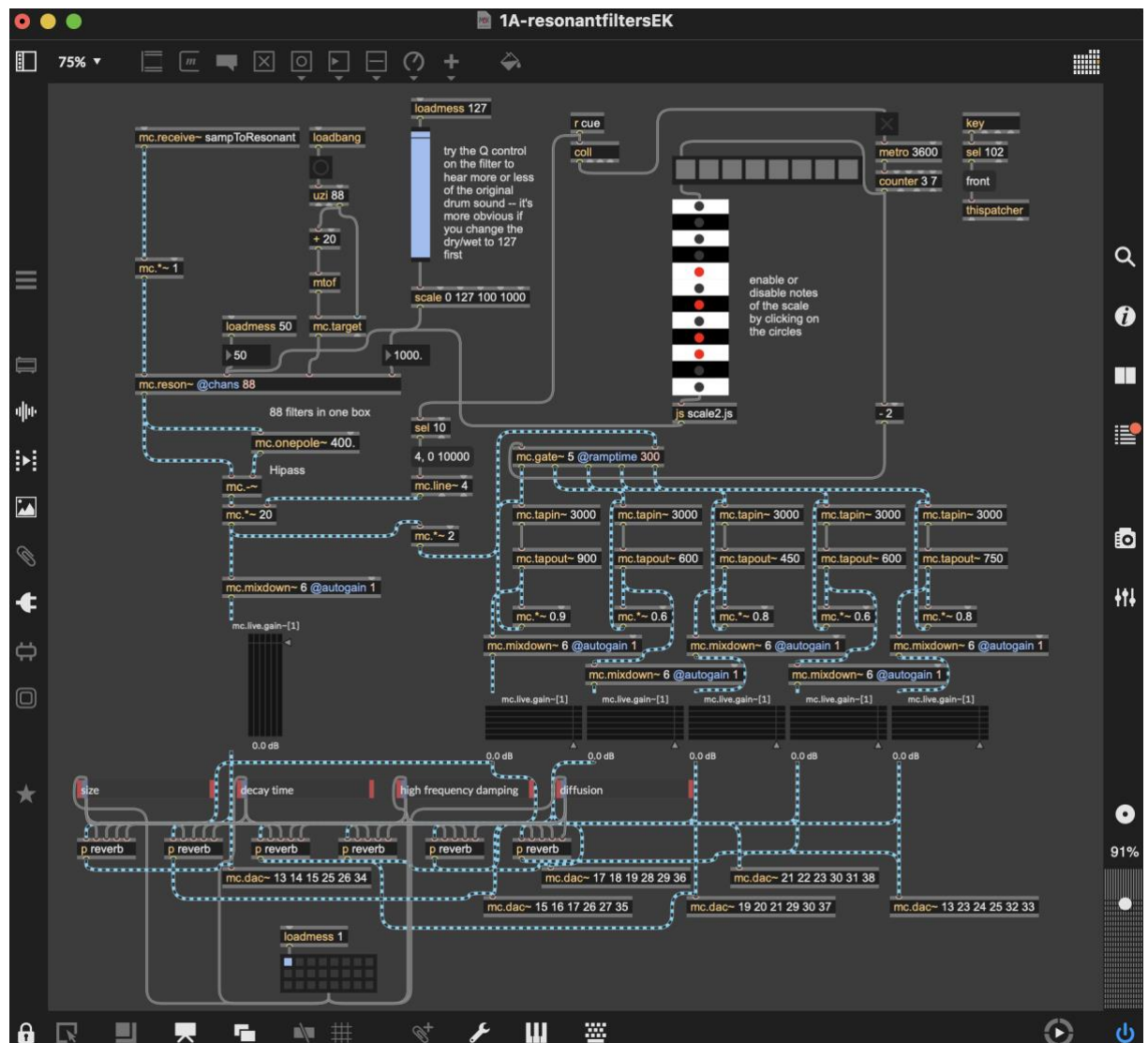
Celloens rolle er at interagere frit med det elektroniske lag gennem den noterede *cadenza*, hvilket muliggør en variabel fraseform i et ellers strukturelt fastlagt forløb. Der opstår en levende "bufferzone", hvor celloen bevæger sig frit og elastisk – først i sin *cadenza*, siden i et frit kontrapunkt. Resultatet er en kompleks og asynkron sats, hvor traditionel satsteknik integreres med kontemporær lydbehandling og rumlig organisering.

¹⁵ En subharmonisk række refererer til de undertonale spejlinger af overtonerækken, hvor frekvenserne er divisioner: f , $f/2$, $f/3$ og så videre.

4) Numerosa resonantiae

Satsen er udelukkende for elektronik og baseret på et 88-bånds resonansfilter, hvor hvert bånd svarer til én tangent på et klaver og dækker lidt over syv oktaver (A0 til C8 = 88 tangenter). Filteret anvendes til at udtrække og forstærke specifikke frekvenser fra et komplekst perkussivt input – nærmere bestemt træløydene fra *buffer 2* i anden sats. På den måde opstår harmoniske akkorder, hvis klangfarve er direkte afledt af de oprindelige lyde gennem kraftig filtrering. Således har jeg fundet fem forskellige 3-6-tonige akkorder, der placeres rumligt, og der ved hjælp af kalkuleret tilfældighed fremstår som en minimalistisk mosaik med gradvise forskydninger, så de fremhæver den underliggende 3:4:5 polyrytmiske struktur.

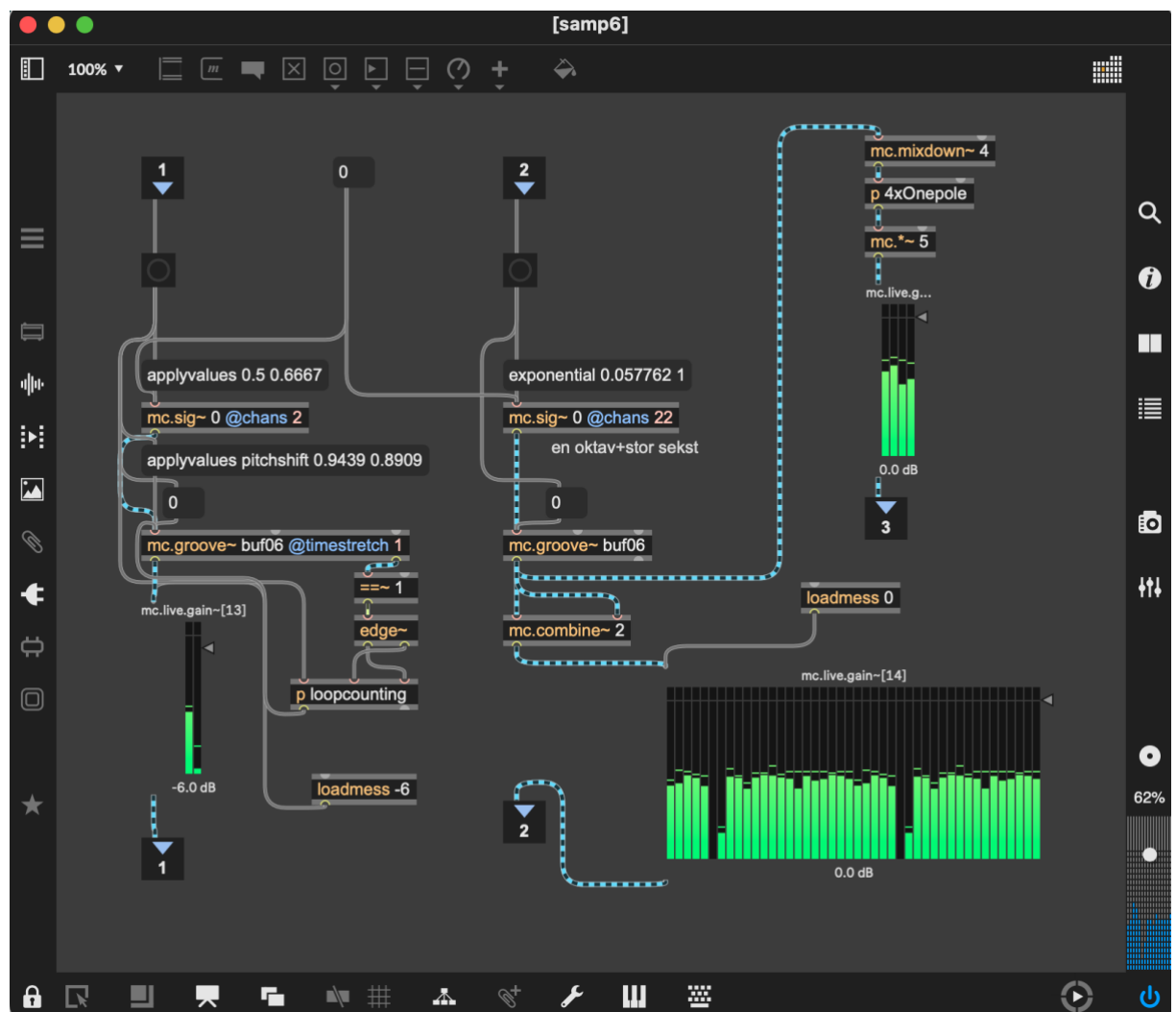
Numerosa resonantiae_3D. Den rytmiske struktur er overført fra den isorytmiske sats, mens spatialiseringen organiseres i seks separate zoner, der tydeliggør de polyrytmiske lag. Disse zoner placerer filtrerede akkorder i rummet for at tydeliggøre de rytmiske forskydninger og lagdelinger, der er latent i materialet. Resultatet fremstår som levende flerlagede klangskulpturer.



5) Canon per augmentationem cum libero contrapuncto

Titlen kan oversættes til "augmentationskanon med frit kontrapunkt." Efter et ottetakters D-tonalt tema spiller celloen et frit kontrapunkt over en tostemmig kanon, der er augmenteret med faktor-1,5 og -2 startende henholdsvis C#- og C-tonalt. Faktor-2 kommer tre gange (3*16 takter) mens faktor-1,5 kommer fire gange (4*12 takter) og udgør i alt altså 48 takter. Herefter kommer en totalkromatisk kanon i 32 stemmer, ovenpå hvilken cellisten fremfører en ekspressiv sangbar melodi, der gradvis bevæger sig til celloens højeste register.

Canon per augmentationem cum libero contrapuncto_3D. Med de to augmentationer. 1.5&2 X det originale tema. Men da temaet står i D, og jeg vil starte augmentationer henholdsvis en halv og en hel tone under, bruges her igen timestretch, men nu kombineret med pitchshift. På den måde kan man afkoble den fysik, der gælder omkring afspilningshastighed og transposition. Når disse augmentationer har gennemspillet sig selv, altså fire gange den ene temavarighed og tre gange den anden temavarighed, kommer kulminationen med 22 transpositioner, der gennemspilles samtidig med en fri kontrapunktisk variation af temaet i celloens høje register. Lyset fremstår særlig klart på den mørke baggrund.



Konklusion

KUV-projektets formål at udvikle en ny komposition for cello, skrevet til Toke Møldrup som dedikeret solist, med en varighed på ca. 19 minutter, er gennemført. Resultatet foreligger i følgende fem punkter:

- Partitur, nodeudgivelse Edition•S: **Cinq Études**: [Link til Cinq Études partitur](#).
- Max project som interface til koncertafvikling som download: [Link til download af Max-project til Cinq Études](#).
- Uropførelsen af værket d. 9. oktober 2024: [Link til koncert med Cinq Études](#).
- Digital binaural og dolby atmos, maj 2026. Søg online: Ejnar Kanding: Cinq Études.
- Reflekterende artikel: [Link til KUV-projektet på Kandings site](#).

Jeg valgte at komponere for cellist Toke Møldrup og dogmet om, at al lyd skulle genereres fra celloen medførte en række nytænkende løsninger. Den oprindelige hensigt, der var defineret i titelen At komponere for cello og real-time processing, måtte revurderes i forbindelse med de nye muligheder og udfordringer, der er i et multi speaker system, som i Ny Sal. Det var centralt for mig, at alle bearbejdninger forblev tæt forbundne med den oprindelige lydkilde – at man som lytter fornemmede en sammenhæng og kontinuitet mellem den akustiske og den elektroniske klang.

I udviklingen af de fem satser i **Cinq Études** lod jeg hver sats tage udgangspunkt i en særlig kompositionsteknik – arpeggio, polyrytme, passacaglia, resonansfiltrering og augmentationskanon – som hver især dannede både den musikalske og elektroniske struktur. Det gav mig mulighed for at fokusere på forskellige former for integreret interaktion mellem kompositionsteknik, elektronisk klangbearbejdning og spatialisering – og samtidig skabte jeg fem klart afgrænsede, men sammenhængende, miniature-universer.

I **Cinq Études** udviklede jeg udover selve kompositionen et digitalt brugerinterface i form af et Max-project, der håndterer computerens direkte interaktion med den udøvende musiker, Toke Møldrup. Interfacet er intuitivt og lettilgængeligt for en typisk klassisk uddannet musiker uden forudgående erfaring med elektroakustisk musik. Desuden udviklede jeg en notationspraksis til partituret, som dokumenterer den viden, som er relevant for musikeren i forhold til at fremføre værket. Dette partitur og Max-projektet er udgivet på Edition•S. Ligesom der i formidende øjemed er en binaural version af værket tilgængelig på de digitale streamingplatforme samt en dolby atmos version på Apple Music ved hjælp af deres Spatial Audio format.

Den tilgang medførte, at performeren – cellisten – hele tiden er den aktive part, der kan frasere frit i nuet på trods af, at **Cinq Études** arbejder med forudindspillede buffers. Partitur og elektronisk realisering har bevaret en intuitiv, musikalsk responsivitet.

Spatialiseringen anvendtes ikke som en effekt, men i overensstemmelse med hver sats musikalske ide. Den tilføjede en dimension, der udvider klangens rumlighed transformeret til ny form for dramaturgi i lytterens oplevelse.

Refleksion

Med **Cinq Études** har jeg udviklet en metode til elektronisk udvidelse af cellolyden, hvor alle parametre – både de kompositoriske og de elektroniske – er indbyrdes forbundne og formidlet til musikeren gennem notation i et partitur. Det er et arbejde, som bygger videre på min hidtidige praksis, men som også har åbnet nye veje for fremtidige projekter.

Der findes et ual af tilgange til at arbejde med elektroniske klange i musik. I denne kontekst var tilgangen et soloinstrument, celloen, i interaktion med elektronisk lyd spatialiseret i et 48 kanals højttaler setup. Til realiseringen af den elektroniske del anvendtes Max/MSP, specifikt MC-objekterne.

Projektets rejse – fra idé til færdig komposition og 3D realisering – har været præget af både teknologiske landvindinger og kunstneriske erkendelser. Samlet set fremstår *Cinq Études* som en syntese af kompositorisk præcision og rumlig eksperimentering, hvor 3D-lydsystem, celloens ekspressive kapacitet og digital lydbehandling væves sammen i en flerdimensionel auditiv arkitektur. Værket bidrager til, at den klassiske musiktradition med dens specialiserede professionalisme på såvel det skabende som det udøvende område er aktualiseret på en måde, hvor det bedste fra to verdener er sammensmeltet i et nyt kunstværk.

Perspektivering

I en anden kontekst ville det være oplagt og kunstnerisk frugtbart at undersøge en større besætning og inddragelse af såvel AE- og DS-teknikker. Jeg har derfor defineret et nyt KUV-projekt, hvor jeg arbejder med en større besætning i form af strygekvartet og Ny Sals 3D lydsystem. Dette projekt hedder foreløbig: *Komposition for strygekvartet & 3D-lydsystem*, og er allerede godkendt af Kulturministeriet.

At anvende RTP (real-time processing) på den måde, at et instruments lyd fremført fra scenen i samme nu transformeres i en computer og som øjeblikkelig bliver sendt tilbage gennem højttalere og derved udvider instrumentets klang simultant med, at musikværket fremføres, finder jeg kunstnerisk interessant og udfordrende. Det vil i endnu højere grad komme til udtryk i det nye KUV-projekt end det har været tilfældet i *Cinq Études*. På den måde håber jeg at kunne opnå en tydeligere troværdighed mellem det reelt hørte akustisk fremførte og det transformerede eller manipulerede fra computeren: det surreale. Det er den model, jeg selv foretrækker, og som jeg har dyrket i de fleste af mine kompositioner. Man kan sige, at computeren følger musikeren og ikke omvendt. Den for den klassiske musik så karakteristiske organiske tid, den elastiske spillestil kan florere frit. I arbejdet med RTP bør man lykkes med gennem en trinvis proces at opnå et kontinuum fra det konkret realistiske til det abstrakt surreale. Perceptuelt skal der skabes en tilstand, hvor man i en gradvis proces rejser med det realistiske akustiske til den surrealistiske elektroniske tekstur.

Det bekræfter min grundlæggende opfattelse af, at ny teknologi bedst anvendes som en forlængelse af det menneskelige og musikalske – ikke som en erstatning for det. Og at det i spændingsfeltet mellem den klassiske instrumenttradition og den elektroniske udvikling opstår nye muligheder for at skabe musik, der både rører, udfordrer og forundrer.

Bilag

Bilag 1: Overvejelser og tilblivelsesproces fra dagbogsnotater

21.10.2020

Mødes med Toke Møldrup til brainstorming om celloens muligheder, spilleteknikker og repertoire. Stikord:

- Liggetoner på løs streng – bourdun (a drone bass).
- Repertoire:
 - Britten: cello suiter.
 - Kodály: Solo sonate, Opus 8 (1915).
- Akkorder firstemmige med en løs, små eller store sekster, men også omvendt
- Kunstige flageoletter, stor terts kvart og kvint. Højst en kvart til tremolo.
- Comodo (convenient tempo or speed, neither too fast nor too slow) langt ude på buen distant; med tremolo.
- Pizz på løs streng.
- Ide om at anvende Bach – citater; af figurer som blot ligger godt og for eksempel kunne bruges i delays.
- Banke ting på cello – optages til bibliotek.

25.2.2021

I forbindelse med genansøgning af FOKU om videreudvikling af projektet, er disse opgaver formuleret:

- Færdiggørelse af partitur til kompositionen.
- Færdiggørelse af kodning i Max af det endelige bruger interface, det vil sige implementeringen af de nye resultater i et for en given musiker let forståeligt og brugervenligt Max patch.
- Uropførelse af værket i Ny Sal, fremført af Toke Møldrup.
- Reflekterende artikel om proces og resultat på dansk og engelsk til brug for DKDMs site og fagtidsskrifter.
- Udgivelse af værket på relevante streaming platforme, Apple Music, Spotify, Soundcloud, Youtube; aftale er indgået med Cosmopol Music Group, partituret udgives af Edition•S.

22.1.2022

Tanker om indhold: Suite eller Étude?

Skal det være en Suite i syv satser med en varighed på cirka tre minutter hver?

- Om Air. **Air i 4/4** som i Bach: Fransk Suite nr.4 Eb før en Gigue efter en Gavotte. Eller som **Air i 2/2** (alla breve) som i Fransk Suite nr.2 efter Sarabande og før Menuet
- Bach: Eksempel på et alternativt indhold i en suite: Orkester Suite nr.3 i D; Ouverture, Air 4/4, Gavotte 1 og 2, Bourrée, Gigue 6/8

Eller skal det være en Étude?

- Rachmaninoff: Études-Tableaux Op. 33 og 39.
- Chopin: Études Op. 10 og 25.
- Cage: Études Australes (1974-75 for piano), Études Boreales (1978 for cello and/or piano).

- Ligeti: Études (three books).
- Debussy: Études (12 stykker).
- Liszt: Transcendental Études Op. 16.
- Bartok: Three Études (Op. 18).
- Glass: Études (two volumes).
- Stravinsky: Quatre études (Op. 7).

25.6.2022

Instrumentalteknisk udforskning prioriteres ned for at skabe fokus på real-time processing teknikker, fravalg af digital syntese teknikker.

Barok suite forlades af hensyn til, at det vil give en for rytmisk ensartet og for instrumentteknisk ensartet sats. Angående Air, så er orkester Air satsen klart den mest lækre (desuden ingen in Engelske Suiter), men det kræver i høj grad arbejde med det komplementærrytmiske.

Det vil sige status er syv forskellige studier i real-time processing:

1. (MC) sampling: polyrytmik i definerede transpositioner, hørbar rytmisk struktur, à la Reich
2. MC sampling: mikrotonalitet gennem transposition, kompleks rytmisk struktur, à la Ligeti
3. MC sampling: mikrotonalitet gennem timestretch
4. MC sampling: mikrotonalitet gennem reverse (både transposition og timestretch)
5. Granular sampling
6. Spectral delay
7. Sampling Freeze, enkelttoner samples

Ostinato sekvenser og minimalisme kan spille en rolle i flere satser. Filtrering kan spille en rolle i flere satser.

6.7.2022

Six Études status:

1. sats: Prélude 1:45. Arpeggi.
2. sats: Répétition musicale immuable (unchanging musical repetition) (foreløbig 24 takter, 1:30 min. --- 2 min.?)
3. sats: Canon d'augmentation, fois 2 et 1.5: étirement temporal --- knap 4 min.?
4. sats: Canon d'augmentation, fois 2 et 1.5: avec transposition, plus tard @chans 22 chromatique --- knap 5 min.?
5. sats: Minimalisme dans les transpositions polyrythmiques (hørbar rytmisk struktur 1:1.66:2.66 = 3:5:8 triplets; eller noteret i 16-dele?). À la Reich, Glass? Med MC-akkordfiltreringer på tidligere buffers --- måske 4 min.?
6. sats: Élégie Mélancholique. Den smukke, Melankolske Elegi. Løse idéer: GranSamp af rytmeostinat? Freeze af tonehøjder til at danne akkorder? Spectral Delay af rytmeostinat? Sampling af dybe D til en kontrabas sampler med fadeIn/Out? --- måske 6 min.?

7.7.2022

Noter til tre satser:

1. Minimalisme dans les transpositions polyrythmiques
 - a. 12/8: 3:5:8 = 1:1.66:2.66, $3*5*8=120$, 10 takter.
 - b. 12/8: 3:4:7 = 1:1.33:2:33, $3*4*7=84$, 7 takter.

- c. $4/4: 4:7:11 = 1:1.75:2.75$, $4*7*11=308$, 19 takter og en 16-del.
- d. Nej, jeg går med kvart ned $3/4$ og kvint ned $2/3$.
- 2. Fjerde sats: måske MC-akkordfiltreringer i stedet for mc.reson~.
- 3. Husk test 5. sats MC-akkordfiltreringer på tidligere buffers.

11.7.2022

6. sats: *Élégie Mélancholique*. Den smukke, Melankolske Elegi – 5.12 min.

24.7.2022

Første version af Max-project er færdig

3.8.2022

Nuværende satser:

1. *Prélude*
2. *Isorythmique*
3. *Canon microtonal* (senere kaldt *Passacaglia*)
4. *Canon par augmentation* (senere kaldt: *Canon per augmentationem cum libero contrapuncto*)
5. *Caractère minimaliste* (tidligere: *Minimalisme dans les transpositions polyrythmiques*; senere sløjfet)
6. *Cantus firmus et contrepunt* (tidligere: *Élégie Mélancholique*; senere sløjfet)

17.-19. maj 2023

Intensivt arbejde med MC-samlere, deres teksturer og programmering af Max/MSP.

20.9 – 3.10 2024

Intensivt arbejde med MC-samlere, deres teksturer og programmering af Max/MSP.

28.9 – 3.10 2024

De seks satser reduceres til fem, idet de to sidste satser sløjfes, den fjerde sats bliver fremover sidste sats og der komponeres en ny elektronisk fjerde sats, *Numerosa resonantiae* (talrige resonanser), som anvender et 88 bånd kromatisk filter på de perkussive cello samples fra anden sats. Således er de fem satser nu:

1. *Prélude*
2. *Isorythmique*
3. *Passacaglia*
4. *Numerosa resonantiae*
5. *Canon per augmentationem cum libero contrapuncto*

5.10, 7.10 2024

To intensive arbejdsdage i Ny Sal med spatialisering. Den i forvejen programmerede spatialisering finjusteres og afprøves i praksis. Aske Vang Rasmussen er med som assistent. Toke kommer sent d. 7.10 til prøve med afsluttende generalprøve.

9.10.2024 kl. 17

Uropførelse med Toke Møldrup i Ny Sal

14.3.2025

Cellostemmen i anden sats omarbejdes. 17.4.2025 udvides det nye afsnit.

17.4.2025

Jeg gik tilbage til den gamle sjette sats, Melankoli satsen, og fandt ud af, at jeg arbejdede med den 11., 13. og 14. juli 2022 (partiturversionerne: Six Études08-10). I den sats er der nogle fine non-functional harmonier, som på et tidspunkt kan tages op igen fx for klaver og cello.

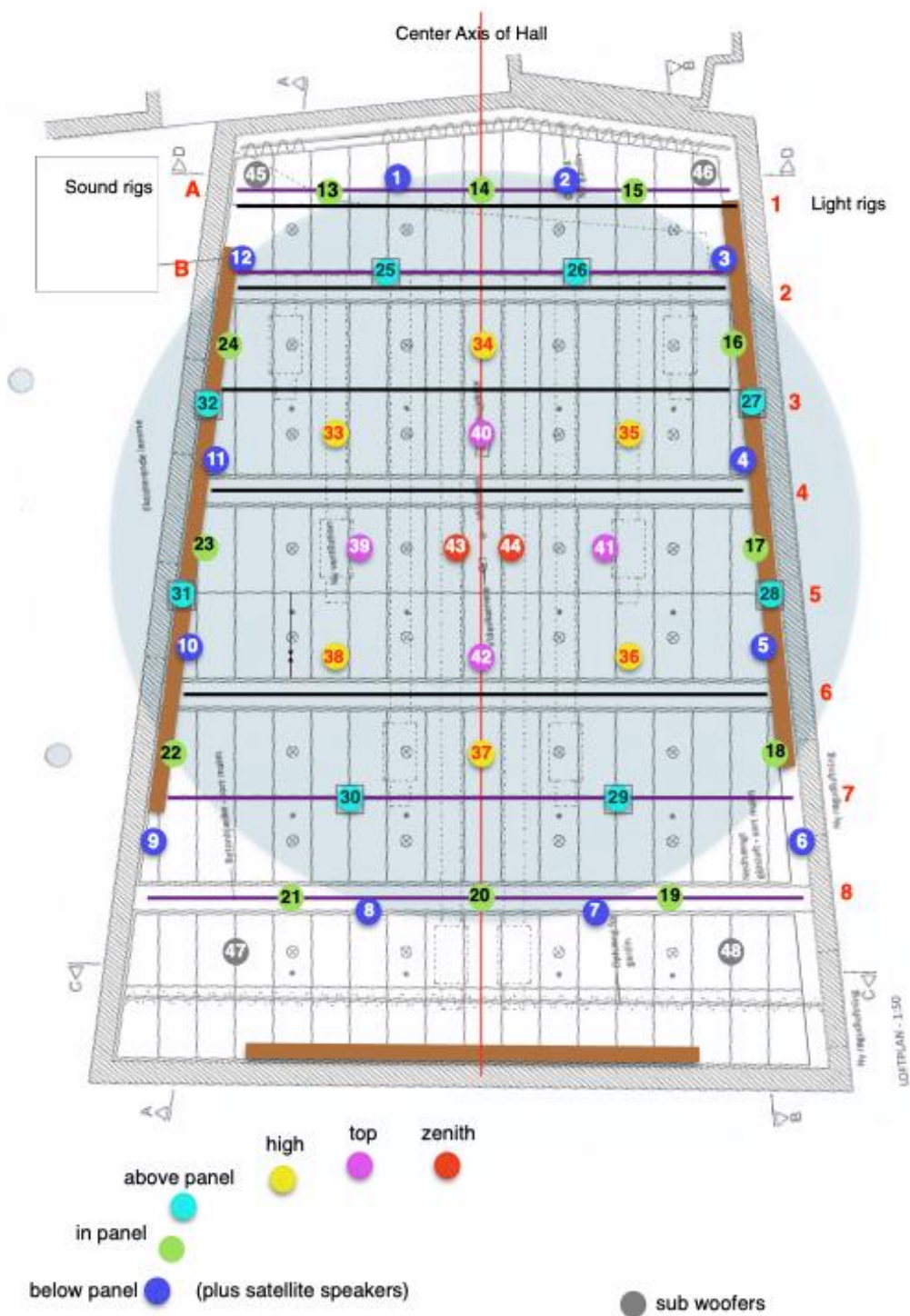
Desuden overvejede jeg, om jeg skulle udvide den nuværende femte sats med et virtuost cello-afsnit, der kunne indskydes fra takt 232 og altså komme før den lyriske opadstræbende Cadenza.

Bilag 2: Oversigt over Ny Sals højttaler opsætning

Speaker Numeration

Numbers correspond to MADl channels (in a stream of 64 channels).
In the RME Fireface UFX+ MADl channels runs through track 31-94.
The system uses 48 MADl channels equal to track 31-70 of the Fireface.

revised HPST august 2020



Bilag 3: Partituret i sin helhed

Cinq Études
For cello & multi speaker system
Dedicated to Toke Møldrup

Ejnar Kanding

1) Prélude
♩ = 90

Cello

①

3

② MC-TSF @chans 32 spreadind 0.5 1
Samp-TF 0.5

7

10

13

16

21

27

Cadenza (free rhythmic, virtuosic)

38

accelerando *rallentando* ♩ = 50

2) Isorythmique

$\text{♩} = 50$

bass sound on wood surface

43 **f** pizz.

3 Samp2-4 on buf 2 3 4

48 on bridge on bridge **2** **Marcato** arco **f**

55 **Marcato** arco **ff** pizz.

59 arco **f** pizz. arco

64 pizz. arco

68 pizz. arco

72 pizz. arco **ff**

76 pizz. arco

80

85

Cello & Multi Speaker System - 2

89

93

97

pizz.

arco

3) Passacaglia

101

pizz.

♩ = 50

mf

4 Smp Off

buf05=8 bars

106

108

synchronize with sampler, see notation below

poco accel. *a tempo* rubato, no synchronization

113

5 samp5 TF 0.5

6 samp5 @chains 8 subharmonic

118

start early enough, eventually wait on E until the fifth is clearly audible

Cadenza rubato, espressivo

124

p

130

mf *f*

synchronize with sampler, see notation below

a tempo

rubato, no synchronization

135

p *mf* *mf*

⑦ samp5 TF 0.5 1

⑧ samp5 @chans 8 exponential

Cello & Multi Speaker System - 6

4) Numerosa resonantiae

This movement is probably longer,
just wait for fadeout

159

14

14

14

9 MCsmp 02
resonant filter

10 fadeout

rec buf06-8 bars

5) Canon per augmentationem cum libero contrapuncto

$\text{♩} = 70$
arco

180

p

p

p

11 aug.factor=2, trans.C#2
aug.factor=1.5, trans.C2

188

aug.factor=1.5, trans.C2

196

aug.factor=2, trans.C#2

f

202

p

207

aug.factor=1.5, trans.C2

aug.factor=1.5, trans.C2

214

aug.factor=2, trans.C#2

aug.factor=1.5, trans.C2

aug.factor=2, trans.C#2

aug.factor=1.5, trans.C2

222

Indiesdes med en virtuos passage ala Fluctuant?

Cadenza: lyrique et expressive

229

12 total chromatic MC @chans22

AIE: reverb/pitchshift?

237

245

ritardando

253

morendo

262

Bilag 4: MIDI sustain pedal og USB interface

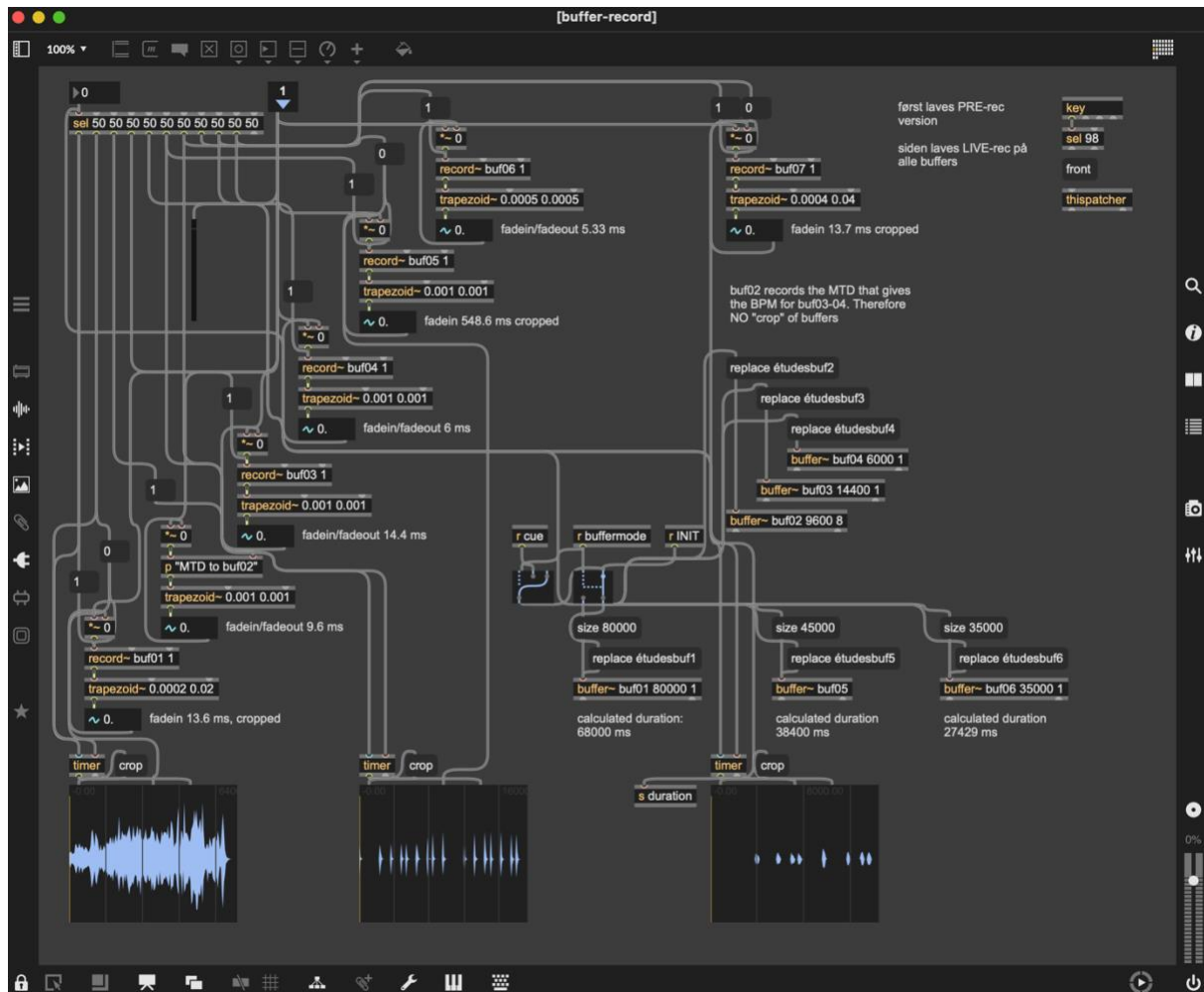


En YAMAHA FC5, MIDI sustain pedal. [Link til YAMAHA FC5 hos Thomann](#) Besøgsdato: 2025-03-13.

En Audiofront MIDI Expression, USB-interface. <https://www.audiofront.net/index.php>
Besøgsdato: 2025-03-13.

MIDI Expression tilsluttes computeren med et USB-kabel, sustain pedalen tilsluttes MIDI Expression. Det virker på Mac-computere uden installation af ekstra drivere.

Bilag 5: Eksempler fra Max-project på buffers og samplers



Bilag 6: Mere udførlig gennemskrivning af afsnittet om Max/MSP

Teori. Historisk ramme om Max

Max, også kendt som Max/MSP eller Max/MSP/Jitter, er et visuelt (objektorienteret) programmeringssprog til musik og multimedie videreført og -udviklet af det San Francisco baserede softwarefirma Cycling '74. Max er den software, jeg anvender til en systematisk afprøvning af forskellige løsninger for 3D lydsystemet ved anvendelse primært af SP.

Amerikanske Miller Puckette begyndte sit arbejde på Max i 1985 på Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique (IRCAM) i Paris. I 1989 videreudviklede IRCAM en version af Max, som blev kaldt Max/FTS (Faster Than Sound), til deres NeXT computer: IRCAM Signal Processing Workstation (ISPW). Det oprindelige Max håndterede data såsom MIDI og matematiske procedurer, mens Max/FTS var i stand til at spille og arbejde med audio, hvilket kræver en langt større processorkraft. I daglig tale skelnes mellem data-rate og audio-rate (signal-rate)¹⁶. I 1996 udgav Puckette et fuldt redesignet kompositionsredskab, som fortsætter Max traditionen i et nyt open-source-miljø, han kaldte Pure Data (Pd). IRCAMs egen udvikling af Max havde sit eget liv og blev i 1998 lanceret under navnet jMax, der havde indarbejdet Java for Silicon Graphics (SGI) og senere for Linux systems. Med G3-processeren til den første generation af Power Macintosh, der lanceredes i november 1997, blev det muligt i et langt billigere setup at kunne håndtere audio-rate.

Allerede i 1990 lancerede David Zicarelli gennem Opcode en kommerciel version af Max. Da det i stigende grad blev tydeligt at Opcode ikke kunne fortsætte, erhvervede Zicarelli sig i 1997 ophavsrettighederne og dannede et ny firma: Cycling '74 for at videreføre den kommercielle linje, der blev til Max/MSP (Max Signal Processing eller Miller Smith Puckette). Fra Max 4 i 2003 blev real-time video tilføjet Max som en samling af nye objekter under navnet Jitter; hvilket må betragtes som en større opgradering med navnet Max/MSP/Jitter. Fra 2011 blev Max inkorporeret i Ableton Live som Max for Live. Ableton købte Cycling '74 i 2017, men David Zicarelli er fortsat leder af Cycling '74. Den seneste store opdatering af Max kom i 2018 som Max 8 med MC-objekterne som et markant innovativt spring frem. Max 9 blev lanceret i 2024.¹⁷

- **1985:** Miller Puckette på IRCAM udvikler den første version af Max.
- **1989:** Max/FTS (Faster Than Sound) til NeXT-computere, kunne håndtere audio-rate.
- **1996:** Pure Data (Pd) – Puckettes open source-variant.
- **1997:** jMax – IRCAM's Java-baserede implementering.
- **1997:** David Zicarelli erhverver kommercielle Max-rettigheder og grundlægger Cycling '74.
- **2003:** Max 4 introducerer real-time video (Jitter).
- **2011:** Max for Live integreres i Ableton Live.
- **2017:** Ableton køber Cycling '74; Zicarelli fortsætter som leder.
- **2018:** Max 8 med MC-objekter.
- **2024:** Lancering af Max 9.

¹⁶ <https://encyclopedia.pub/entry/27896> Besøgsdato: 2025-03-05.

¹⁷ [https://en.wikipedia.org/wiki/Max_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Max_(software)) – https://en.wikipedia.org/wiki/Power_Macintosh_G3 – [https://www.max-externals.com/max-msp-intro#:~:text=Max%2FMSp%20has%20a%20thirty,of%20routines%20\(called%20objects\)](https://www.max-externals.com/max-msp-intro#:~:text=Max%2FMSp%20has%20a%20thirty,of%20routines%20(called%20objects)) Besøgsdato: 2025-03-05.