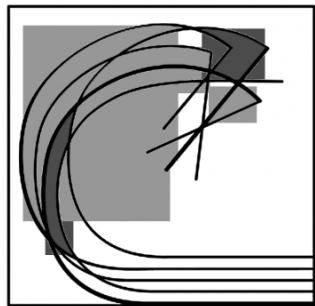


**Conservatorio di Musica Santa Cecilia**  
Dipartimento di Nuove Tecnologie e Linguaggi Musicali



**Conservatorio  
Santa Cecilia**

Tesi di Laurea Biennale in Musica Elettronica

**Sistemi Complessi Adattivi (CASS)  
per la performance musicale in Live  
Electronics**

Relatore:  
**Giuseppe Silvi**

Candidato:  
**Luca Spanedda**

Correlatore:  
**Agostino Di Scipio**

**Anno Accademico 2021/2022**



# **Dichiarazione**

Dichiaro che il sottoscritto nonché autore del documento è il responsabile del suo contenuto, e per le parti tratte da altri lavori, queste vengono esplicitamente dichiarate citando le fonti.

Luca Spanedda

# **Ringraziamenti**

qui i ringraziamenti.



## **Abstract**

Il lavoro presentato qui è uno studio di implementazione, analisi ed esecuzione di tre Sistemi Complessi Adattivi (CASs: Complex Adaptive Systems) creati appositamente per la performance musicale (in Live Electronics), la scelta di questi tre sistemi corrisponde a tre diversi casi di studio (case study) nell'implementazione di dinamiche nonlineari sfruttate per la generazione dei comportamenti emergenti nei Sistemi Complessi. Una prima parte del lavoro tratterà dell'implementazione e l'analisi di due brani, creati rispettivamente da due compositori e ricercatori riconosciuti nell'ambito internazionale della Computer Music: Agostino Di Scipio e Dario Sanfilippo. Di Agostino di Scipio studieremo un sistema con nonlinearità provenienti dal dominio analogico, che sfrutta fenomeni generativi nel mondo fisico riportati all'interno del sistema grazie alle conversioni AD/DA (analogico a digitale e viceversa). Di Dario Sanfilippo studieremo invece un sistema che sfrutta nonlinearità appositamente programmate dal compositore nel mondo digitale DSP (Digital Signal Processing), tramite alcuni principi di autoregolazione nel software, senza interazioni e perturbazioni provenienti dal mondo esterno. Infine l'ultima parte del lavoro tratta l'implementazione di un mio brano, ibrido fra i due casi di studio presentati qui, che andrà a conclusione del lavoro di ricerca, analisi ed implementazione svolto durante il corso della tesi.

# **Contents**

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
1.1	La Cibernetica . . . . .	2
1.2	Le cibernetiche nella musica . . . . .	6
1.3	Il Feedback . . . . .	8
<b>2</b>	<b>La composizione di interazioni ecosistemiche</b>	<b>11</b>
<b>A</b>	<b>First appendix</b>	<b>11</b>
<b>B</b>	<b>Second appendix</b>	<b>11</b>

## **List of Tables**

## **List of Figures**

# 1 Introduzione

*Per primo fu Caos*  
Esodo - Teogonia

Nel mito greco il principio del mondo non è opera di una divinità creatrice, ma ogni cosa deriva dalla materia, dall'evoluzione del caos primordiale, e più in generale nelle mitologie antiche, il caos è quasi sempre contrapposto al cosmo, nel senso di universo disordinato il primo e ordinato il secondo.

I concetti di caos e di ordine strutturato per come sono utilizzati dalla scienza moderna, fino alla fine del XIX secolo non appartenevano alla fisica ed erano considerati argomento “intrattabile”. Il concetto di ordine permeava tutta la meccanica, ma nella forma semplice di un solo tipo di ordine: l’ordine della ripetizioni periodica. La Terra che ruota intorno al Sole o il pendolo ideale che oscilla in eterno, ne sono i classici esempi.

La situazione cambiò notevolmente nel Novecento: dopo la crisi dei fondamenti delle scienze di inizio secolo, le Scienze della Complessità e la Sistemica modificano radicalmente l’ottica da cui guardare questi problemi. [Giovanni Villani. *Caos e ordine*. URL: <https://www.scienzainrete.it/articolo/caos-e-ordine/giovanni-villani/2011-03-28>. (accessed: 17.10.2022)] Al contempo le nascenti considerazioni strutturali e teoriche nella musica alla ricerca di vie al di fuori del sistema tonale, parallelamente all’esigenza di introdurre nuovi paradigmi all’interno delle scienze, hanno contribuito all’avvenire di importanti punti di incontro fra i due ambiti.

## 1.1 La Cibernetica

Uno dei più importanti avanzamenti nelle scienze al termine della seconda guerra mondiale, risedette nell’introduzione della cibernetica e della teoria generale dei sistemi, che hanno conseguentemente portato alla nascita del pensiero sistemico e del concetto di scienze della complessità.

La cibernetica è la scienza che studia i principi astratti di organizzazione nei sistemi complessi, ed ebbe inizio durante gli anni della seconda guerra mondiale, merito del fisico e matematico Norbert Wiener. Nel 1940 Wiener insieme ad altre ad altre prominenti figure provenienti da diversi ambiti sci-

entifici, come Ross Ashby, Margaret Mead, Gregory Bateson, Heinz von Foerster, partecipano ad una serie di conferenze multidisciplinari chiamate "The Macy Conferences", inizialmente intitolate come "Feedback Mechanism in Biology and the Social Sciences" con l'obiettivo comune di andare a definire gli ambiti di interesse della nuova scienza. Il concetto sviluppato dai greci - kybernetes - venne poi ripreso da Norbert Wiener nel 1948, che ispirato dalla meccanica ed i suoi risultati durante la guerra e contemporaneamente dallo sviluppo della teoria della comunicazione (o informazione) di Claude Shannon, e con la volontà di sviluppare una teoria generalizzata dei principi di organizzazione e controllo nei sistemi emersi durante le conferenze, pubblicherà un libro nel 1948: *La cibernetica, controllo e comunicazione nell'animale e nella macchina*; in cui definiva l'ambito di interesse e gli obiettivi della nuova disciplina inaugurando anche l'uso del nuovo termine da lui coniato. A seguito di questo libro che riscuterà un importante successo, le conferenze presero il nome di "Cybernetics, Circular Causal, and Feedback Mechanism in Biological and Social Systems", riconoscendo Wiener come la principale figura di spicco della nuova scienza.

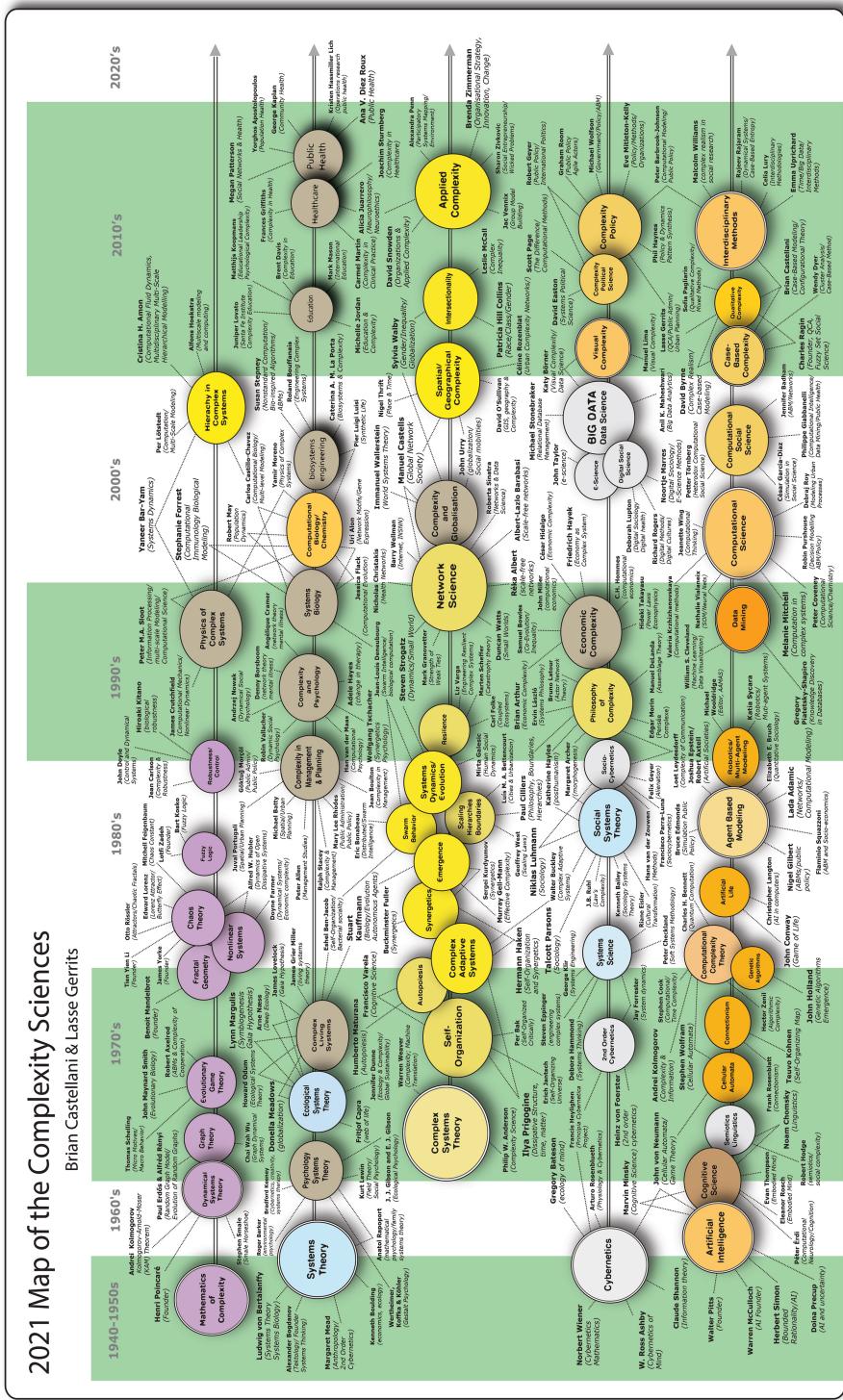
In particolare come evidenziato fino ad ora dalla sua natura multidisciplinare, la cibernetica non si interessa di individuare in cosa consistano questi sistemi, ma più che altro comprenderne il loro funzionamento:

- come usano l'informazione e come la scambiano gli agenti
  - come collaborano fra loro in direzione di un obiettivo comune
  - come contrastano il rumore nel trasferimento dell'informazione
- e così via...

Le fortunate premesse iniziali della cibernetica risiedevano in una convinzione da parte di questi scienziati provenienti dai differenti ambiti disciplinari, che esistesse uno "schema processuale" comune ad organismi viventi e macchine, rintracciato attraverso una ricerca uniforme garantita da dell'utilizzo di un metodo "sintetico" e "comportamentale". Fra gli anni '60 e la metà del '70, grazie agli scienziati Heinz von Foerster, Margaret Mead, e altri, si compierà un ulteriore passo fondamentale che porterà il pensiero sistemico verso il consolidamento in una scienza più concreta dando vita alla "Cibernetica di secondo ordine", anche chiamata come "la cibernetica dei sistemi di osservazione", che consiste nell'applicazione ricorsiva della cibernetica a se stessa e la pratica riflessiva della cibernetica secondo tale critica. La differenza fra cibernetica di primo e secondo ordine risiede nel fatto, che mentre nel primo

periodo lo studioso di cibernetica (di primo ordine) studiava un sistema da un punto di vista passivo, da quello dell'osservatore dei comportamenti di un sistema. Il cibernetico di secondo ordine lavora ed interviene nel comportamento e nella costruzione di un sistema complesso, riconoscendo il sistema come un agente con cui interagire e riconoscendo esso stesso come agente nell'interazione col sistema.

A partire dalle sue importanti premesse, la cibernetica ha conseguentemente poi avuto un ruolo centrale nello sviluppo di molti studi scientifici e la nascita di nuovi ambiti come: l'intelligenza artificiale, la teoria del caos, la teoria della catastrofe, la teoria dei controlli, la teoria generale dei sistemi, la robotica, la psicologia e le scienze sociali, ecc. nella mappa di B.Castellani e L.Gerrits riportata per intero nella pagina seguente, possiamo visualizzare con più precisione e accuratezza l'insorgere e l'evoluzione di questi paradigmi scientifici, per averne una visione più completa relativa al loro sviluppo.



## 1.2 Le cibernetiche nella musica

All'inizio degli anni '60 in seno alle nascita delle scienze complesse, l'uso di sistemi di feedback e la rilevanza dei circuiti informativi chiusi nelle strutture organizzate, ha goduto di uno slancio popolare anche nel mondo della musica e più in generale dell'arte. Uno dei primi nella storia dell'arte ad evocare l'uso della cibernetica nei propri lavori è stato Nicolas Schœffer con il suo ciclo di lavori "spazio-dinamici", in particolare ha creato la prima installazione ad implementare meccanismi di auto-regolazione, il CYSP-1 [Dario Sanfilippo and Andrea Valle. "Feedback Systems: An Analytical Framework". In: *Computer Music Journal* 37.2 (2013), pp. 12–27. DOI: doi : 10 . 1162 /COMJa00176. URL: <https://direct.mit.edu/comj/article-abstract/37/2/12/94420/Feedback-Systems-An-Analytical-Framework?redirectedFrom=PDF>], capace di essere sensibile all'ambiente esterno e a se stesso grazie ad una serie di tecnologie offerte dalla compagnia Philips (fotocellule e microfoni), e reagire sonoramente a questi stimoli riproducendo una serie di registrazioni composte dal compositore francese Pierre Henry, collaboratore di Pierre Schaeffer ed insieme a lui figura centrale nella nascita della Musique concrète. Un'altra importante esperienza del periodo iniziale è quella del compositore Roland Kayn, che dopo essersi avvicinato alla musica elettronica sotto la guida di Herbert Eimert nello studio di Colonia (1954), e dopo essersi trasferito a Roma nel 1960, dal 1964 assieme ad Aldo Clementi e Franco Evangelisti fonda il Gruppo di improvvisazione Nuova Consonanza, [*Roland Kayn biography*. URL: <https://kayn.nl/biography/>. (accessed: 17.10.2022)] del quale fece parte sino al 1968, ed in quel periodo ispirato dalle teorie della cibernetica iniziò a sperimentare estensivamente con sistemi di autoregolazione basati su feedback loops, sia come modelli formali per composizioni strumentali che come reti di generatori di segnale analogici. Tuttavia, a parte casi popolari di deliberate dichiarazioni formali da parte degli artisti, come nel caso di Roland Kayn, non bisogna pensare a questi lavori appena citati (ed altri riportati a seguito), come ad atti pionieristici che sanciscono la nascita della cibernetica in musica, ma proprio come si dice per la scoperta del fuoco lo scenario più accurato risiede probabilmente nel fatto che tanti autori provenienti da diverse parti del mondo, nello stesso periodo sono stati influenzati e si sono influenzati a vicenda con le stesse idee provenienti da un interesse condiviso per le teorie cibernetiche di Weiner e delle Macy Conferences. Si può pensare ad esempio a quelle che sono le esperienze dello studio di Colonia: nel 1951, Herbert Eimert e Werner Meyer-

Eppler persuasero il direttore della NWDR, Hanns Hartmann, a creare uno Studio per la Musica Elettronica, che Eimert diresse fino al 1962. Questo è diventato lo studio più influente al mondo durante gli anni 1950 e 1960, con ospiti alcuni dei più importanti compositori contemporanei provenienti da tutta europa, come il già citato Roland Kayn, Franco Evangelisti, Karlheinz Stockhausen, Herbert Brun, Cornelius Cardew, e molti altri. [*Electronic Music Studio (Colonia)*. URL: [\(https://it.frwiki.wiki/wiki/Studio\\_de\\_musique\\_%C3%A9lectronique\\_\(Cologne\)\)](https://it.frwiki.wiki/wiki/Studio_de_musique_%C3%A9lectronique_(Cologne)). (accessed: 17.10.2022)] Non a caso in quel periodo il lavoro di ricerca condotto da Werner-Meyer Eppler, scienziato, musicista ideatore e direttore dello studio di Colonia, ha trovato sin dalla nascita dello studio fondamento in quelle che sono state le teorizzazioni della Cibernetica. C'è poi il caso di Franco Evangelisti, come citato prima fondatore insieme a Roland Kayn del Gruppo Improvvisazione Nuova Consonanza, che in quel periodo (qualche anno prima della fondazione del Gruppo a Roma) si trova nello studio di Colonia per lavorare al brano "Incontri di Fasce Sonore", e quando farà ritorno a Roma poi citerà più volte deliberatamente in interviste, scritti, e altre documentazioni, il suo approccio sistematico/cibernetico a quelle che saranno le esperienze con il Gruppo. Se cambiamo paese e passiamo dall'Europa od osservare l'America in quel periodo, possiamo pensare a quelli che sono i lavori di Louis e Bebe Barron, con i circuiti in retroazione destinati al corto circuito e utilizzati appositamente come materiale per la generazione acustica di trame incise su nastro, o ai lavori pionieristici di John Cage, David Tudor, Robert Ashley e Steve Reich, che sfruttano ed esplorano l'effetto Larsen in modo artistico insieme alle logiche di Feedback.

Un secondo periodo costituito da un approccio sistematico più consapevole che inizia a tracciare la strada per un pensiero ecosistemico della composizione, inizia invece dal lavoro di Alvin Lucier, che nel 1969 scriverà quello che sarà un brano emblematico per la cibernetica in musica "I'm sitting in a room", è un altro brano importante per quelle che sono le logiche di interazione sistematiche fra uomo/macchina/ambiente e che sancisce una volta per tutte l'interazione sistematica dove il musicista l'ambiente e lo strumento sono parti di un insieme del sistema "più complesso" con un comportamento collettivo derivato dai singoli agenti, in un'un'interazione con l'ambiente circostante. In I'm sitting in a room, un performer al centro della stanza recita in un microfono un testo che descrive il fenomeno che avverrà poco a poco, la voce recitante nel microfono viene registrata e poi riprodotta da altoparlanti posti nella stanza, il suono della registrazione riprodotta da questi altoparlanti viene

registrato nuovamente durante la riproduzione, l'operazione viene ripetuta in un in una casualità circolare di volta in volta dove alla fine rimarranno solo i contributi provenienti dalla stanza, dalla voce e dalla catena elettroacustica, dando vita nel loro insieme ad un effetto Larsen, la natura nonlineare del processo e degli agenti porterà di volta in volta ad un risultato sempre differente. Dopo l'esperienza di Lucier, nel 1974 Nicolas Collins compone "pea soup" mentre è studente alla Wesleyan University. Pea soup consiste in una rete adattiva di circuiti analogici (3 Countryman Phase Shifters), che intona il feedback positivo dell'effetto Larsen ad una frequenza risonante diversa ogni volta che questo inizia ad emergere. Ad oggi svariati compositori a partire dalle trame delineate dalle scienze complesse e dai lavori citati operano nell'ambito della musica elettronica con un approccio sistematico, un importante caso è quello di Agostino Di Scipio, che contribuisce significativamente nell'ambito della computer music sin dai primi anni '90, divenendo una delle figure più importanti nell'area della composizione ecosistemica e nel suo caso in particolare del live electronics, o quello di Dario Sanfilippo compositore e ricercatore con all'attivo recenti importanti pubblicazioni e lavori nell'ambito dei sistemi di feedback in musica, e in particolare di non linearità nei sistemi in DSP.

### 1.3 Il Feedback

Il feedback (o retroazione) è un concetto cibernetico che sta ad indicare la capacità di un sistema di autoregolarsi tenendo conto degli effetti scaturiti dalla modificazione delle caratteristiche del sistema stesso. In termini appartenenti alla fisica, è la capacità di un sistema dinamico di tenere conto dei risultati del sistema per modificare le caratteristiche del sistema stesso. Negli esseri viventi, ad esempio, i sistemi a retroazione negativa e positiva sono ampiamente utilizzati per regolare l'omeostasi dell'organismo. Esistono idealmente due tipologie di Feedback:

- a Retroazione Positiva
- a Retroazione Negativa

La retroazione positiva tende ad accelerare un processo, mentre la retroazione negativa a rallentarlo. La retroazione negativa aiuta a mantenere la stabilità di un sistema, contrastando i cambiamenti provenienti dall'ambiente esterno. Mentre la positiva tende generalmente alla complessità. Nel controllo

di un sistema complesso, come può essere ad esempio quello del feedback acustico, introdurre delle linearità tramite retroazione vuole dire costringere la complessità a dei comportamenti prevedibili, si può pensare ad esempio all'intonazione del feedback, che da un comportamento complesso della sorgente e del ricettore arriva ad uno lineare. Mentre introdurre delle non-linearità nel sistema tramite la retroazione, vuol dire portare questo verso comportamenti non più prevedibili. Questi due tipi di comportamento possono essere ottenuti per l'appunto sia velocizzando che rallentando questi processi, in maniera dipendente dal caso specifico. I filtri digitali o analogici nell'audio, possono essere pensati per esempio come uno strumento di contrasto rispetto a questo tipo di comportamenti: dove se si allineano le fasi si creano dei poli, mentre se si disallineano si punta alla complessità del sistema. Di fatto la storia delle tecnologie elettroacustiche ha in generale da sempre incorporato il principio del feedback sin dalle sue origini, basti pensare a tecnologie come la valvola audion di Lee De Forest (1910), o i circuiti di feedback negativo di Harold Black (1920) [Agostino Di Scipio. *A Relational Ontology of Feedback*. URL: <https://echo.orpheusinstituut.be/article/a-relational-ontology-of-feedback>. (accessed: 17.10.2022)]. Fino al caso del feedback elettroacustico (effetto Larsen), che abbiamo visto esser stata una delle risorse centrali dei primi compositori cibernetici. Addentriamoci ora verso una spiegazione più tecnica del feedback acustico che ci servirà per comprendere più a fondo la poetica di questi compositori, parafrasando l'articolo appena esposto di Agostino Di Scipio: In una stanza vengono collegati fra loro (tramite uno o più stadi di amplificazione) gli elementi di una catena elettroacustica molto elementare: Microfono ed Altoparlante. Anche in una situazione di "silenzio" ideale, viene catturata dal microfono in ogni caso, inevitabilmente, perfino la turbolenza minima appena udibile presente nel rumore ambientale. Questo suono catturato dal microfono, viene amplificato e riprodotto dall'altoparlante a sua volta. E se l'amplificazione è sufficiente il suono dall'altoparlante ritorna al microfono e il design della catena elettroacustica si chiude su se stessa, creando un circuito di retroazione (loop), anche detto di feedback. Il livello di ampiezza, le caratteristiche tecniche trasduttive di microfono e altoparlante, la loro distanza relativa, la distanza dalle pareti ed altri potenziali fattori influenti, delineano un'oscillazione in fase con il segnale che viene a sommarsi ad esso e viene amplificata e riprodotta a sua volta con ampiezza via via crescente, idealmente illimitata. Con livelli di guadagno non troppo elevati, ciò che si genera è un fastidio udibile, una sorta di 'alone': la reiniezione del suono decade più

o meno rapidamente, in una specie di effetto riverbero composto da suono spettralmente irregolare. Con livelli di guadagno più elevati, il feedback loop entra in un regime di auto-oscillazione. A causa della reiniezione ripetuta, il rumore di fondo appena udibile ma spettralmente ampio si accumula nel loop e alla fine (rapidamente) produce un suono sostenuto sempre più forte di uno spettro più ristretto - questo è spesso sentito come un tono di picco di altezza definita o un gruppo di toni. E questo è l'effetto Larsen: (dal nome del fisico Søren Absalon Larsen che per primo ne scoprì il principio), detto anche feedback acustico o più prosaicamente ritorno, è timbricamente riconoscibile come un tipico fischio stridente, che si sviluppa come abbiamo detto quando i suoni emessi da un altoparlante vengono captati con sufficiente "potenza di innesco" da un trasduttore (che può però anche essere oltre al microfono, un pick-up di uno strumento musicale elettrico, come una chitarra o un basso, o un trasduttore di altra natura).

## **2 La composizione di interazioni ecosistemiche**

- partendo dagli articoli di Agostino Di Scipio e da Polveri Sonore -

**A First appendix**

**B Second appendix**

## References

- Electronic Music Studio (Colonia)*. URL: [https://it.frwiki.wiki/wiki/Studio\\_de\\_musique\\_%C3%A9lectronique\\_\(Cologne\)](https://it.frwiki.wiki/wiki/Studio_de_musique_%C3%A9lectronique_(Cologne)). (accessed: 17.10.2022).
- Roland Kayn biography*. URL: <https://kayn.nl/biography/>. (accessed: 17.10.2022).
- Sanfilippo, Dario and Andrea Valle. “Feedback Systems: An Analytical Framework”. In: *Computer Music Journal* 37.2 (2013), pp. 12–27. DOI: doi: 10.1162/COMJa00176. URL: <https://direct.mit.edu/comj/article-abstract/37/2/12/94420/Feedback-Systems-An-Analytical-Framework?redirectedFrom=PDF>.
- Scipio, Agostino Di. *A Relational Ontology of Feedback*. URL: <https://echo.orpheusinstituut.be/article/a-relational-ontology-of-feedback>. (accessed: 17.10.2022).
- Villani, Giovanni. *Caos e ordine*. URL: <https://www.scienzainrete.it/articolo/caos-e-ordine/giovanni-villani/2011-03-28>. (accessed: 17.10.2022).