



HAL
open science

Composition microtonale à partir de métadonnées

Romina Soledad Romay

► **To cite this version:**

Romina Soledad Romay. Composition microtonale à partir de métadonnées. Musique, musicologie et arts de la scène. Université Côte d'Azur, 2023. Français. NNT : 2023COAZ2028 . tel-04174476

HAL Id: tel-04174476

<https://theses.hal.science/tel-04174476v1>

Submitted on 31 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE DE DOCTORAT

Composition microtonale à partir de métadonnées

Romina Soledad ROMAY

Laboratoire C.T.E.L.A. UPR 6307

**Présentée en vue de l'obtention
du grade de docteur en Arts vivants,
dominant musique d'Université Côte
d'Azur**
Dirigée par : Jean-François TRUBERT
Co-encadrée par : François PARIS
Soutenue le : 28 juin 2023

Devant le jury, composé de :
Pierre COUPRIE, Professeur à l'Université
d'Évry-Val-d'Essonne - Université Paris-
Saclay
Martin LALIBERTÉ, Professeur à
l'Université Gustave Eiffel
Julie MANSION-VAQUIÉ, Maîtresse de
Conférences à l'Université Côte d'Azur
Jean-François TRUBERT, Professeur à
l'Université Côte d'Azur

Composition microtonale à partir de métadonnées

Jury :

Président du jury

Pierre Couprie, Professeur des Universités, l'Université d'Évry-Val-d'Essonne - Université Paris-Saclay

Rapporteurs

Martin Laliberté, Professeur des Universités, Université Gustave Eiffel

Pierre Couprie, Professeur des Universités, l'Université d'Évry-Val-d'Essonne - Université Paris-Saclay

Examineurs

Jean-François Trubert, Professeur des Universités, Université Côte d'Azur

Julie Mansion-Vaquié, Maîtresse de Conférences, Université Côte d'Azur

Invités

François Paris, Compositeur, Université Côte d'Azur

Diane Lingrand, Maîtresse de Conférences, Université Côte d'Azur

Olivier Beauchet, Professeur des Universités, Université de Montréal

Titre : Composition microtonale à partir de métadonnées

Résumé :

Cette thèse en composition musicale commence par un questionnement : quels sont les modèles sur lesquels reposent les pratiques compositionnelles actuelles ? À partir de cette interrogation fondamentale, cette étude interroge les courants esthétiques et artistiques qui traversent la création d'aujourd'hui, à l'ère de la société considérée comme post-numérique. Elle vise ainsi à donner un cadre à la fois critique et théorique à une série de travaux qui ont été réalisés au cours de cette étape de doctorat et dont le fondement repose sur l'utilisation de métadonnées issues de modèles naturels pour générer différentes compositions musicales, notamment sous forme d'installations sonores interactives, d'installations multimédias participatives, de jardins sonores, de pièces pour orchestre et ensemble, de dispositifs en ligne et de créations collaboratives transdisciplinaires. L'objectif est de proposer différentes méthodes de transcodage en utilisant ces métadonnées, que ce soient des flux de données issues du web ou de différents systèmes de captation électroniques. Dans le cadre de la thèse, ce sont essentiellement des données de mesures correspondant à des phénomènes tangibles (données météorologiques, données des plantes, et données de l'activité électrique du cerveau) et correspondant à des variables environnementales et physiologiques qui ont été utilisées. Elles ont été alors structurées et réinterprétées afin de pouvoir les convertir en paramètres musicaux, non seulement qualitatifs, mais aussi en structures quantitatives permettant des variations de ces mêmes paramètres, afin de construire un discours musical articulé, voire des catégories musicales. L'étude apporte également une réflexion sur l'utilisation de la microtonalité, comme moyen de générer un univers harmonique et mélodique cohérent à partir de modèles originaux pour chaque flux transcodé en musique. À partir de cette étape, il est alors proposé de réintégrer ce matériau, avec la diversité de ses formes issues de la nature et réinterprétées, en cherchant à dégager des caractéristiques communes ou principales de chacun de ces modèles, en tant qu'organisation structurelle réduite d'un système, pour donner lieu à des formes transitoires et à des processus d'articulation passant d'un modèle à un autre grâce au développement d'outils d'intelligence artificielle. Ainsi, ce travail anticipe la possibilité d'intégrer différents types d'expériences d'écoute et de concert. Il est fait état d'un côté des expérimentations de performances participatives avec le public, et de l'autre des compositions interprétées par des ensembles de musiciens, pour les combiner parfois en une seule, ouvrant la voie à de nouvelles formes de composition et de pratique musicales. Le public fait ainsi partie d'un véritable processus de concert dans le sens où il participe à l'expérience en tant que producteur de musique, avec une dimension immersive multisensorielle grâce à l'incorporation de technologies de réalité étendue.

Mots clés : métadonnées, microtonalité, composition musicale, musique assistée par ordinateur, modèles, post-numérique.

Title: Microtonal composition from metadata

Abstract :

This thesis on musical composition begins with a central inquiry: what are the underlying models of contemporary compositional practices? Stemming from this fundamental question, this study investigates the aesthetic and artistic currents that pervade today's creative landscape in the era of a post-digital society. It seeks to provide both a critical and theoretical framework for a series of works completed during this doctoral stage, founded on the utilization of metadata derived from natural models to generate various musical compositions, including interactive sound installations, participatory multimedia installations, sound gardens, pieces for orchestra and ensemble, online devices, and transdisciplinary collaborative creations. The objective is to propose different transcoding methods using this metadata, whether sourced from data streams on the web or from various electronic sensing systems. As part of the thesis, primarily tangible phenomena measurements (meteorological data, plant data, and brain electrical activity data) and environmental and physiological variables have been employed. These data have been structured and reinterpreted in order to convert them into not only qualitative musical parameters but also quantitative structures that allow variations of these parameters, ultimately constructing an articulated musical discourse or even musical categories. The study also reflects on the use of microtonality as a mean to generate a coherent harmonic and melodic universe from original models for each data stream transcoded into music. From this stage, it is proposed to reintegrate this material—with the diversity of its forms derived from nature and reinterpreted—by aiming to identify common or primary characteristics of each of these models as a reduced structural organization of a system, resulting in transient forms and articulation processes transitioning from one model to another through the development of artificial intelligence tools. Thus, this work anticipates the possibility of integrating various listening and concert experiences, discussing both participatory performance experiments involving the audience and compositions performed by ensembles of musicians, sometimes combining them into a single piece, paving the way for new forms of composition and musical practice. The audience thus becomes part of a genuine concert process, participating in the experience as music producers, with a multisensory immersive dimension made possible through the incorporation of extended reality technologies.

Keywords: metadata, microtonality, musical composition, computer music, models, post-digital.

**CENTRE TRANSDISCIPLINAIRE D'ÉPISTÉMOLOGIE DE LA LITTÉRATURE
ET DES ARTS VIVANTS (C.T.E.L.A.)** Campus Carlone 98, bd Edouard Herriot, BP 3209,
06204 Nice Cedex 3.

Remerciements

Avec une sincère gratitude, je remercie chaleureusement tous les membres du jury pour leur précieuse disponibilité et leur présence lors de cet instant crucial de mon parcours. Je remercie tout particulièrement Jean François Trubert pour m'avoir guidé et offert son soutien indéfectible, son inspiration, sa générosité et ses précieux conseils tout au long de ce parcours. Merci à François Paris pour sa bienveillance et sa confiance, pour avoir enrichi ce travail avec sa vaste connaissance du métier de compositeur.

Je tiens à exprimer mes remerciements à l'Université Côte d'Azur pour son hospitalité chaleureuse, ainsi que pour avoir su éveiller en moi une affection sincère envers cette institution. Grâce à elle, j'ai eu le privilège de me sentir intégrée au sein d'une communauté passionnée, désireuse de partager et d'innover ensemble.

Un merci tout particulier à tous les membres du Conservatoire de Musique de Nice pour leur confiance en moi et pour m'avoir permis d'accomplir ces travaux. Je témoigne ma vive reconnaissance à Philippe Dulat pour ses recommandations, son accompagnement dans la direction d'orchestre et pour son soutien, tout en me permettant d'allier harmonieusement cette expérience avec la réalisation de ma thèse.

Merci aux personnes merveilleuses que j'ai rencontrées dans les musées, centres culturels et écoles de cette région, qui m'ont donné l'occasion de présenter mes réalisations, d'être créative et de rencontrer le public, à qui je suis reconnaissante pour leur contribution à mon travail et à ma personne.

Merci à ma famille, sans qui rien de tout cela ne serait possible, en particulier à ma mère, ma première grande enseignante, ma première spectatrice, mon ange, qui a éveillé en moi le désir d'apprendre. Merci à mon père pour avoir enrichi mon univers musical avec une palette si diverse, et pour m'avoir accompagnée à distance, toujours près de moi. Enfin, merci à Mélanie, mon épouse, pour m'avoir écoutée, comprise et soutenue inconditionnellement dans cette aventure.

À la Nature,

Sommaire – Composition musicale à partir de métadonnées

Remerciements	1
Sommaire	3
Préface	5
Introduction	6
PREMIERE PARTIE – LA COMPOSITION MUSICALE AUJOURD’HUI.....	17
Chapitre 1 - Nouvelles réalités, catégories et expressions artistiques	19
1.1. Définir une réalité	22
1.2. Définir une discipline artistique.....	24
1.3. La recherche artistique basée sur la pratique	33
1.4. La composition musicale au XXI ^e siècle	39
1.5. Le système de communication d’une œuvre artistique au XXI ^e siècle.....	44
1.6. La société 4.0 ; le numérique et les nouvelles technologies	46
Chapitre 2 - L’ère post-numérique.....	49
2.1. L’art post-numérique	51
2.2. Le potentiel d'une numérisation omniprésente ; entre réel et alter-ego virtuel	52
2.3. <i>Big Data</i> , l'univers de l'information ; le digital comme métadonnée de la réalité.....	56
2.4. L’informatique s’inspirant d’autres disciplines pour le traitement des données	58
2.5. La philosophie de l'information dans l’ère actuelle	60
2.6. L’art éphémère	64
Chapitre 3 – <i>Digital / Post-Digital Art</i>	66
3.1. <i>Data Art</i>	70
3.1.1. <i>Artificial Nature</i>	72
3.1.2. Ryoji Ikeda et la logique binaire.....	76
3.1.3. Alva Noto et le <i>Glitch Art</i>	77
3.1.4. <i>Data/ Circuit-bending</i>	80
3.1.5. La notion d’auteur.....	84
3.2. Art Interactif.....	85
3.3. Œuvres immersives.....	87
3.4 Œuvres génératives	89
3.5. <i>Net Art</i>	93
Chapitre 4 – L’expansion du modèle dans la composition musicale.....	95
4.1. Le modèle stochastique dans <i>Pithoprakta</i> de Iannis Xenakis.....	98
4.2. Le modèle dans la nature dans <i>Vigiles</i> de François-Bernard Mâche	100
4.3. Le modèle végétal dans <i>Germination</i> de Jean Luc Hervé	103
4.4. Le modèle du modèle dans <i>VOIX(REX)</i> de Philippe Leroux.....	106
4.5. Récits sur le modèle de vitalité dans la psychologie de Daniel Stern.....	108
4.6. Les modèles dynamiques de la nature selon la philosophie néoconfucienne	112

Chapitre 5 – La composition microtonale à partir de métadonnées.....	116
5.1. Un aperçu de la microtonalité	120
5.2. Le chant de la dernière chamane <i>Selk'nam</i>	130
5.3. Microtons et identité dans la musique <i>Yolngu</i>	134
5.4. <i>Hocket</i> et mimétisme dans la musique <i>Basotho</i>	136
5.5. Modèles, données et microtons dans la composition inspirée par la nature	139
Conclusion de la première partie	142
DEUXIEME PARTIE – LA MUSIQUE DU VIVANT : LES ŒUVRES	145
Chapitre 6 - De la météorologie à une partition pour soprano, chœur et orchestre	147
6.1. <i>Météorologie sonore</i>	148
6.2. <i>#MétéoValberg</i>	154
6.3. <i>Fréquence Terre</i>	160
6.4. <i>Weather Sounds</i>	172
Chapitre 7 - De données de plantes à une partition d'ensemble.....	174
7.1. <i>L'Aqua Symphonie du Potager</i>	176
7.2. <i>Green Meditation</i>	188
7.3. <i>Blooming</i>	196
Chapitre 8 - De fichiers de données à une création multimédia	202
8.1. <i>La Symphonie de l'Environnement</i>	203
8.2. <i>PyComposition</i> , traitement des données et création de partitions avec <i>Python</i>	205
8.3. <i>Le village dans la montagne</i>	238
Chapitre 9 - Des données EEG à l'environnement VR	247
9.1. <i>La Rose et les Étoiles</i>	249
9.2. <i>Flores hechas de cielo / Flowers made out of sky</i>	254
9.3. Perspectives futures	260
Conclusion de la deuxième partie	263
Table des figures.....	269
Bibliographie	275
Annexes	299
I. Code pour dispositifs Arduino.....	300
II. Partition originale et inversée « <i>Nice PyComposition Test</i> »	304
III. Partitions	305
a. <i>Fréquence Terre</i>	305
b. <i>Blooming</i>	339
c. <i>Le village dans la montagne</i>	373
d. <i>Flores hechas de Cielo / Flowers made out of sky</i>	390

Préface

Cette étude commence par une interrogation sur la composition aujourd'hui : qu'est-ce qui la constitue ? quels sont les modèles sur lesquels reposent les pratiques compositionnelles actuelles ? et elle s'interroge aussi sur les courants esthétiques et artistiques qui traversent la société de nos jours. Cela vise à donner un cadre à la fois critique et théorique une série de travaux réalisés au cours de cette étape de doctorat à partir de l'étude de modèles dans la nature pour générer différentes compositions musicales, notamment sous forme d'installations sonores interactives, d'installations multimédias participatives, de jardins sonores, de pièces pour orchestre et ensemble, de dispositifs en ligne et de créations collaboratives transdisciplinaires. L'objectif était de trouver différentes méthodes de transcodage -en quelque sorte- en utilisant des métadonnées : des flux de données issues du web et de différents systèmes de captation électroniques, essentiellement des données de mesures correspondant à des phénomènes tangibles (données météorologiques, données des plantes, données de l'activité électrique du cerveau) correspondant à des variables environnementales et physiologiques, qui sont ensuite structurés et réinterprétés afin de pouvoir les convertir en paramètres et en variations quantitatives pour construire un discours musical, voir des catégories musicales. L'utilisation de la microtonalité autorise la génération de modèles musicaux originaux pour chaque flux extra-musical transcodé en musique. À la fin de ce parcours, on arrive à un nouveau point de départ qui permet d'intégrer ce travail avec la diversité des formes issues de la nature et réinterprétées sur cette base de processus de travail, et de découvrir les caractéristiques essentielles de tous ces modèles, en tant que représentations schématiques d'un système, pour donner lieu à des formes transitoires et à des processus d'articulation d'un modèle à un autre grâce au développement d'outils d'intelligence artificielle. De plus, ce travail anticipe la possibilité d'intégrer ces différentes expériences, d'un côté, participatives avec le public, et de l'autre interprétées par des ensembles de musiciens, pour les combiner en une seule expérience, ouvrant la voie à de nouvelles formes de composition et de pratique musicale. Le public fait ainsi partie d'expériences immersives dans le sens de la participation à l'expérience en tant que producteurs de musique, ainsi que dans le sens de l'immersion dans l'expérience multisensorielle grâce à l'incorporation de technologies de réalité étendue.

Introduction

La réalité apparaît comme un « *analogon* », un signifiant indissociable de la société¹, et les processus de création artistique qui s'y développent reflètent ces enjeux. De nos jours, cette réalité illustre des enjeux écologiques, mais également une société traversée, tissée et formatée par la numérisation, et mise en action par le réseau d'acteurs connectés qui la composent. Cette réalité s'exprime à travers l'émergence de nouvelles formes d'expression, de collaboration et de diffusion musicale dans cette société numérique, qui sont en grande partie façonnées par les technologies digitales et les interactions en ligne. Les habitants de ce « village global »² sont en mesure de travailler de manière plus interconnectée et globale, partageant leurs œuvres et leurs connaissances au-delà des frontières géographiques et culturelles. Avec la multiplication des échanges facilités par internet, l'expansion numérique considérable des biens et services culturels et l'évolution rapide de la technologie ainsi que des usages sociaux liées aux innovations technologiques³, nos horizons créatifs s'élargissent, tout comme la possibilité d'atteindre un public à l'échelle mondiale. De nos jours, la capacité de se connecter et d'accéder aux événements se déroulant dans diverses régions du globe est sans précédent dans l'histoire humaine.

Dans le domaine de la composition musicale, nous pouvons observer et écouter ce qui est produit dans d'autres pays, réaliser des pièces collaboratives et transdisciplinaires en ligne, créer des espaces de représentation, participer à la production d'œuvres à travers le « *crowdsourcing* »⁴ ou bien, assister à des concerts à distance dans le monde entier. L'accès à l'information permet de contempler la diversité des possibilités qui va bien au-delà de nos perspectives locales et individuelles. Les différences peuvent être enrichissantes et donner lieu à de nouveaux débats, de nouvelles idées et de nouvelles réalisations. La société en réseau ou la « *network society* »⁵ permet aux nouvelles générations de développer une conscience plus large de l'identité, dans des conceptions plus diverses et plus inclusives. D'une certaine manière, la société retrouve la force de l'action collective comme le prévoyait McLuhan⁶.

¹ GLINOER, A. (2014). *L'impensable référence au réel*. CONTEXTES. Revue de sociologie de la littérature. <https://doi.org/10.4000/contextes.5861>

² MCLUHAN, M. (1967). *La Galaxie Gutenberg* (p. 4-7). Le Seuil.

³ DEBOS, F., & PELISSIER, N. (2022). *Scènes sur Toile Les parcours d'artistes du spectacle vivant à l'épreuve du numérique*. p. 1-2. <https://hal.science/hal-03520030>

⁴ *Ibid.*

⁵ CASTELLS, M., CARDOSO, G., & NITZE, P. H. (2006). *The network society: from knowledge to policy* (p. 3-7). Center For Transatlantic Relations, Paul H. Nitze School Of Advanced International Studies, Johns Hopkins University. <https://www.dhi.ac.uk/san/waysofbeing/data/communication-zangana-castells-2006.pdf>

⁶ MCLUHAN, M. (1967). *La Galaxie Gutenberg*. *Op. cit.*, p. 4-7.

Les outils numériques, y compris l'Internet des Objets (IoT)⁷, ont également permis dans la musique l'exploration de nouvelles techniques de composition, de performance et de production musicale. Ces avancées technologiques ont facilité la redécouverte et la réinterprétation d'œuvres et des formes de musique anciennes, des cultures lointaines et de formes artistiques diverses inconnues auparavant, à travers des approches contemporaines. L'émergence et le développement de la musique électroacoustique ont donné lieu à la réincorporation de formes « conversationnelles » de composition et d'interprétation. Ces nouvelles méthodes ont permis la réintégration de l'interactivité dans la musique contemporaine, notamment grâce au développement d'interfaces homme-machine⁸ et à l'intégration de l'IoT dans les processus de création et de performance.

La musique ainsi que son étude musicologique doivent tenir compte de ces évolutions et adapter leurs méthodologies et leurs cadres théoriques pour mieux comprendre et analyser la musique dans le contexte de cette société en constante mutation. Cela implique donc une compréhension approfondie des interactions entre la technologie, la culture et la société, ainsi que la manière dont ces éléments influencent les processus de création, de diffusion et de réception de la musique. Il est essentiel d'adopter une approche interdisciplinaire et ouverte, capable d'appréhender la richesse et la complexité des enjeux contemporains liés au « fait musical »⁹ dans la création et pratique musicale d'aujourd'hui.

Le potentiel offert par la numérisation omniprésente¹⁰, associé à la notion de « métamédium »¹¹ incarnée par l'ordinateur, permet de repenser l'ensemble de la réalité captée au travers de divers systèmes sous un format numérique unifié, englobant ainsi « l'idée » sous-jacente, structurée par sa dimension sensible. La nature remarquable, mais également éphémère, de ce « métamédium » numérique, dont le codage évolue constamment, ouvre un éventail de possibilités pour aborder la société et l'art qui en découle, en permettant de nouvelles formes d'expression et de créativité.

Ces formes, souvent soutenues par la machine elle-même, mettent en œuvre des approches immersives, aléatoires et génératives, qui, dans de nombreux cas, sont diffusées et

⁷ ROMAN, R., ZHOU, J., & LOPEZ, J. (2013). *On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things*. *Computer Networks* 57(10), p. 2266-2279. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2012.12.018>

⁸ COUPRIE, P., & PARENT, E. (2022). *Le paradigme de l'interaction dans la musique aux XX^e et XXI^e siècles*. In *La musique et la Machine. Penser l'interaction dans les musiques électroniques* (p. 7–21). Presses universitaires de Rennes.

⁹ GOHON, K., & PARENT, E. (2022). *Une musicologie de la relation*. In *La musique et la machine. Penser l'interaction dans les musiques électroniques* (p. 231–235). Presses universitaires de Rennes.

¹⁰ ELIPE-GIMENO, J., & DE PAIVA SANTANA, C. (2022). *Transcoding as a Compositional Paradigm*. *Musicological Annual*, 58(2), p. 155–174. <https://doi.org/10.4312/mz.58.2.155-174>

¹¹ MANOVICH, L. (2013). *Software takes command* (p. 101–106). Bloomsbury.

monétisées sur les mêmes plateformes numériques. Les modèles de réalité qui sont numérisés se démultiplient pour tout ce qui peut être acquis, analysé et transcodé sous forme numérique, faisant ainsi du « métamédium » un vecteur essentiel pour l'exploration et la création artistique.

Dans ce contexte, le présent travail utilisera ces technologies pour proposer différentes approches de ce processus de transcodage de formes dynamiques issues de différentes mesures de la nature (notion prise ici dans un sens volontairement large afin d'éviter de favoriser une métadonnée spécifique plutôt qu'une autre) afin de créer diverses formes de composition et de performance musicale. En ce qui concerne la notion de transcodage, nous adapterons la définition de ce terme introduite par Elipe-Gimeno et de Paiva Santana. Ils décrivent le transcodage comme l'acte de transférer des patterns, des formes et des structures d'un système de principes ou de règles vers un code musical ou compositionnel et inversement, ceci facilité par la « multimodalité » du code numérique¹². Pour transcoder ces formes dynamiques de la nature dans un geste artistique, nous utiliserons différentes ressources musicales, en privilégiant l'utilisation de la microtonalité pour apporter une approche plus fine des proportions entre les différents paramètres qui seront enregistrés, et l'utilisation des métadonnées pour structurer les flux de données en les attribuant à différentes catégories musicales.

Le transcodage¹³ de ces formes – appelons les « naturelles » tout en gardant à l'esprit qu'il s'agit déjà d'une mesure elle-même médiatisée par les dispositifs qui la délivrent – en musique nous amène à la notion de mimesis. Aristote la considère comme un processus naturel pour l'être humain, permettant d'apprendre par l'imitation et de prendre plaisir par la représentation¹⁴. La mimesis est un processus dynamique, une relation active avec une réalité vivante, révélant des universaux¹⁵ selon Aristote. Dans ma démarche personnelle de compositrice, inspirée par des compositeurs comme François-Bernard Mâche, j'ai choisi d'utiliser une pratique culturelle, la musique, pour explorer ces formes dans la nature dont je me considère comme faisant partie. Appliquant le concept de transcodage à la création, la

¹² ELIPE-GIMENO, J., & DE PAIVA SANTANA, C. (2022). *Transcoding as a Compositional Paradigm*. Musicological Annual, 58(2), *op.cit.*

¹³ *Ibid.*

¹⁴ LANDAZURI, M. M. C. O. de. (2012). *El placer en la filosofía de Aristóteles* (p. 393-404). Hedoné. https://www.academia.edu/78190942/Hedon%C3%A9_El_placer_en_la_filosof%C3%ADa_de_Arist%C3%B3teles

¹⁵ BAXTER, J. (1993), *Mimesis*. In: MAKARYK I.—*Encyclopedia of Contemporary Literary Theory*. University of Toronto Press. Scribd, p. 591-593 Consulté 18 mars 2023, à l'adresse <https://www.scribd.com/document/382009637/Irena-Makaryk-Encyclopedia-of-Contemporary-Literary-Theory-Approaches-Scholars-Terms>

mimesis devient selon Mauryon un moyen d'extérioriser le mythe de soi, la façon dont l'auteur perçoit inconsciemment le monde, qui se reflète dans la réalisation de l'œuvre. Ces processus de transcodage, se basant sur certains aspects structurants des formes dynamiques captées ou extraites, vont permettre en quelque sorte une sorte d'apprentissage, tout en reflétant dans l'acte créatif ce mythe¹⁶ personnel de la conception de la réalité, créant ainsi un sens – tout aussi personnel - de l'œuvre artistique. La narration qui résulte de l'imitation et de la création d'actions utilise peu de détails pour créer un effet de réalité et de vraisemblance¹⁷, elle repose plutôt sur cette capacité innée de symbolisation¹⁸ et d'interprétation que nous utilisons dans le langage.

Dans le domaine de la musique, on retrouve des résonances de ce processus dès l'Antiquité, dans l'imitation des sons de la nature, dans l'utilisation d'un système de lettres pour représenter les hauteurs de sons dans la notation musicale, dans l'utilisation d'équivalences entre l'alphabet et les notes musicales connu comme *sogetto cavato* pour la confection de mélodies dans la musique savante de la Renaissance, jusqu'à la musique contemporaine assistée par ordinateur¹⁹. Certains processus de ce type sont également à l'œuvre envisagés sous un angle plus global, dans les peuples autochtones par exemple, qui dans certains cas emploient la musique afin de définir le temps et l'espace en se basant sur des principes que nous pourrions appeler – sinon naturels – en tout cas d'observation (les cycles des saisons, les points cardinaux, le positionnement des astres, etc.). Prenons l'exemple des *Suya* au Brésil, qui délimitent dans leur espace de vie des zones de silence et de chant et attribuent les différentes interventions aux membres de la société en fonction de l'âge, du sexe et du nom de chaque individu, indépendamment de leurs compétences et expériences. Divers chants et styles de performance sont utilisés pour recréer des relations spatio-temporelles et ainsi marquer les moments de la journée, par exemple, les chants à l'unisson vont être réservés à la position zénithale du soleil : uniquement pour midi. La musique est également utilisée pour délimiter les saisons : deux groupes des séries de pièces musicales sont exécutées correspondant aux saisons sèches et humides²⁰.

¹⁶ MILNER, M. (1966). *Review of Des Métaphores obsédantes au Mythe personnel. Introduction à la Psychocritique*. Revue d'Histoire littéraire de la France, 66(2), p. 353-355.

¹⁷ BARTHES, R. (1968). *L'effet de réel*. Communications, 11(1), p. 84-89.
<https://doi.org/10.3406/comm.1968.1158>

¹⁸ RIQUIER, C. (2011). *Herméneutique du symbole et herméneutique du soi : Paul Ricœur et la logique du double sens*. Alter. Revue de phénoménologie, p. 19, Article 19. <https://doi.org/10.4000/alter.1419>

¹⁹ ELIPE-GIMENO, J., & DE PAIVA SANTANA, C. (2022). *Transcoding as a Compositional Paradigm*, op. cit.

²⁰ SEEGER, A. (2004). *Why Suyá Sing: A Musical Anthropology of an Amazonian People* (p. 65-74). University of Illinois Press.

Dans le cas où la nature est considérée comme une source de transcodage, j'ai imaginé une musique qui explore ce concept de formes dynamiques et principe sous-jacent qui anime et génère divers motifs résultants de cette complémentarité, entre idée et manifestation perceptible. Ces agencements dynamiques semblent répéter des schémas similaires, générant une impression d'homogénéité, cependant, ils évoluent constamment. De même, la musique issue du transcodage devrait refléter ces inflexions à la fois homogènes dans une perspective plus large, mais qui, de près, se transforment continuellement. Elles se répètent mais sans jamais être identiques. En élaborant une composition musicale fondée sur ces structures dynamiques, il serait envisageable de les représenter à l'aide de formes graphiques, ou d'un « *texte score* » décrivant les impressions qu'elles éveillent dans notre conscience, ou d'une partition avec notation traditionnelle reflétant ces variations, ou même d'une composition recréant un écosystème d'interactions. Ces expériences, inspirées par la nature, renvoient à cette connexion essentielle entre la création et la relation de l'être humain avec son environnement. Cette approche trouve une partie de ses fondements dans les mouvements écosophiques des années 70, concernés par l'interconnectivité du vivant²¹, et dans le travail de compositeurs proposant des idées d'écologie sonore, d'écoute profonde, de paysages sonores, tels que François-Bernard Mache, Pauline Oliveros, Hildegard Westerkamp, Jean-Luc Hervé et Raymond Murray Schafer, parmi d'autres.

Le point d'appui, d'ancrage et d'insertion qui initie un processus créatif et esthétique²², relève d'une question d'intuition²³. Dans le cadre de cette recherche en création, ce point coïncide avec l'observation des formes dynamiques dans la nature, animées par la vitalité²⁴, qui créent divers motifs et formes en mouvement continu. Ces formes résultent de l'interaction entre leur propre biologie et/ou physique et l'environnement. Ces observations trouvent un écho dans l'interprétation personnelle de deux concepts issus du néoconfucianisme²⁵ qui décrivent ce phénomène : une interaction entre un principe immanent appelé *Li*, animant tout ce qui existe, et *Qi*, représentant toutes les formes et motifs qu'il adopte, *Qi* étant la force matérielle

²¹ BEDON, M. (2014). *De Spinoza à l'écologie profonde : l'Éthique et l'Écosophie T d'Arne Næss*. Hal.grenoble-Em.com. <http://hal.grenoble-em.com/UNIV-BPCLERMONT/hal-03319013>

²² KAHN, R. (2012). *Philologie et esthétique chez Erich Auerbach* | CIELAM. Consulté 17 mars 2023. <https://doi.org/10.58048/2263-7664/539>

²³ AUERBACH, E. (2020). *Philologie de la littérature mondiale* (C. PRADEAU & T. SAMOYAUULT, Eds.). OpenEdition Books ; Presses universitaires de Vincennes, Saint-Denis. p. 25-37 <https://books.openedition.org/puv/5928>

²⁴ STERN, D. N. (2010). *Les formes de vitalité : psychologie, arts, psychothérapie et développement de l'enfant*. Odile Jacob. 224 p.

²⁵ YU-LAN, F. (1997). *A short history of Chinese philosophy: a systematic account of Chinese thought from its origins to the present day* (Derk Bodde). The Free Press. p. 383-402 Consulté 18 septembre 2022, à l'adresse <https://www.scribd.com/book/335820154/A-Short-History-of-Chinese-Philosophy>

dans la nature²⁶. Le principe immanent de *Li*, incarné dans le monde sensible de la nature par le *Qi* (associés à la façon dont le Tao se manifeste dans la vie), est à la racine de ce travail, qui constitue en quelque sorte une tentative de « capter » cette force ou cette énergie constante, qui inspire et accompagne ce processus de transcodage de la vitalité naturelle en formes musicales. Ceci est rendu possible grâce à l'application des technologies numériques et à un filtrage ultérieur des informations obtenues, basé sur la perception esthétique des résultats. Par la suite, des compositions sous forme de variations de *Qi* (terme utilisé dans ce contexte comme symbole d'une force matérielle) sont élaborées, tout en me considérant, en tant qu'auteur de cette recherche et compositrice, comme partie intégrante de cette interaction entre les principes et les formes. Cela rejoint, comme mentionné par Pierre Couprie et Emmanuel Parent, un processus créatif de plus en plus « conversationnel » en matière de composition et d'interprétation. Il s'agit d'un processus d'ouverture de l'œuvre traversé par un renouvellement constant des interactions et médiatisé par les interfaces homme-machine²⁷. La « *musification*²⁸ » et la visualisation seront utilisées comme techniques de transcodage partant du même *Li*, afin de générer différentes formes sensibles et dynamiques comme *Qi*, qui consistera en diverses variations musicales, sous la forme d'écosystèmes interactifs, d'installations sonores *in situ* et en ligne, de dispositifs multimédias et de pièces instrumentales.

La première étape de ce travail consiste en la conception et la construction de systèmes de capture et de traitement des données. Dans le cadre de cette recherche, cela s'est traduit par la réalisation d'interfaces numériques et électroniques sous forme de programmes, tels que *Pycomposition*, un programme conçu pour créer des matériaux et des techniques de composition à partir de bases de données en utilisant le langage *Python* ; la construction de circuits électroniques pour capter les données de température, de conductivité, d'activité électrique et d'humidité des systèmes de plantes, développés avec des microcontrôleurs Arduino connectés par radiofréquence à une station centrale et une série de patches dans *Max* intitulée *Green Meditation* pour traiter ultérieurement l'information ; un code pour extraire des données en temps réel des stations météorologiques en ligne développé dans l'environnement *Max* intitulé *Météorologie Sonore*; et un quatrième cas utilisant un dispositif *OpenBCI* avec un patch *Max* et un environnement *Unreal Engine*, intitulé *La Rose et les étoiles*.

²⁶ ROY, R. (1988). *Être et êtres chez deux philosophes du XIIe-XIIIe siècles : Zhu Xi et Thomas d'Aquin*. Laval Théologique et Philosophique, 44(1). p.103-115. <https://doi.org/10.7202/400362ar>

²⁷ COUPRIE, P., & PARENT, E. (2022). *Le paradigme de l'interaction dans la musique aux XX^e et XXI^e siècles*. In *La musique et la Machine. Penser l'interaction dans les musiques électroniques*. Op. cit., p. 7-21.

²⁸ McGee, R., & Rogers, D. E. (2016). *Musification of Seismic Data*. The 22nd International Conference on Auditory Display (ICAD-2016). 4 p. <https://doi.org/10.21785/icad2016.021>

Dans une deuxième étape de mapping, de mise à l'échelle et de conception des interactions, les diverses métadonnées ont été réparties selon les cas entre différentes catégories musicales, notamment la hauteur, la durée, l'intensité et le timbre. Une mise à l'échelle des différents ensembles de données a également été effectuée. Des seuils et des algorithmes ont été établis pour réguler l'entrée et la sortie des données ainsi que pour activer différents événements.

Dans une troisième étape, des compositions sous forme d'installations et d'écosystèmes sonores et multimédias interactifs ont été créées à partir de ces dispositifs, impliquant souvent la participation active du public. Les présentations successives de ces formats ont permis le développement et l'évolution de chacun de ces travaux, s'adaptant à chaque fois à un environnement différent, que ce soit dans des musées, des jardins, des festivals musicaux ou des contextes académiques. Dans ce cadre, un système de transcription de ce flux de métadonnées et de données en partitions musicales a été développé, avec *Max*, grâce à l'utilisation de la bibliothèque *bach*.

Dans une quatrième étape, après avoir enregistré des partitions sous forme d'extraits musicaux lors des présentations des œuvres et dans le but d'approcher la symbolisation par rapport à la représentation, des formes instrumentales de certains de ces travaux ont été développées. Des extraits de *Pycomposition*, de *Green Méditation* et de la *Météorologie Sonore*, ont servi de matériaux de composition pour une pièce pour harpe et électronique intitulée *Le village dans la Montagne* (avec une forme intermédiaire intitulée *La Symphonie de l'environnement*), une pièce pour neuf saxophones intitulée *Blooming*, une pièce pour soprano, chœur et orchestre intitulée *Fréquence Terre* (avec une forme intermédiaire intitulée *Météo Valberg*) et une pièce pour violon, EEG et VR intitulée *Flores hechas de cielo / Flowers made up of sky* (avec une forme précédente intitulée *La Rose et les Étoiles*). Chaque forme présente des caractéristiques différentes en termes de proportions entre les paramètres et en termes de degré de variabilité des données.

Les données provenant de la météorologie variaient lentement, produisant de légères variations, avec un intérêt porté sur la synchronicité des données puisqu'elles proviennent de vingt-huit villes différentes, chacune située dans une saison différente et ayant des caractéristiques météorologiques distinctes. Les données analysées à partir d'archives météorologiques du village de Le Broc couvraient de longues périodes, entre janvier 1979 et mars 2022, ce qui a facilité l'extraction de différentes échelles temporelles, telles que des données quotidiennes, mensuelles, annuelles, décennales, etc., entraînant divers degrés de variations. Les données provenant des plantes, ainsi que celles issues de l'activité électrique du

cerveau, varient rapidement et interagissent avec les situations en direct. Dans chaque cas, certains éléments de la partition extraite ont été sélectionnés sous forme de mélodies, d'harmonies, de rythmes et de passages, capturant l'essence de la partition pour la refléter dans une composition en utilisant des méthodes de composition traditionnelles de différentes époques, comme la Renaissance, le Baroque, le Classicisme, le Romantisme et la musique contemporaine, qui m'ont influencée tout au long de ma formation musicale.

Dans une cinquième étape, certaines des formes initiales de la troisième étape ont été recréées de manière simplifiée sous forme d'installations interactives sur le Web, dans l'environnement de *JSPatcher*.

La thèse se divise en deux parties principales. La première explore les idées principales qui contextualisent ce travail dans le cadre de la composition musicale actuelle. La deuxième partie décrit les œuvres créées au cours du doctorat et envisagent les horizons possibles qui découlent des résultats obtenus.

Le premier chapitre aborde la définition de nouvelles réalités et l'émergence de nouvelles catégories artistiques au XXI^e siècle, résultant de l'intégration des technologies numériques. On y parcourt l'évolution des notions d'art à travers différentes périodes de l'histoire et diverses cultures, remettant en question l'idée de définition d'une discipline artistique, pour aboutir à la contemporanéité, où la multiplicité des voix dans une société hyper-connectée facilite la prolifération de versions de pratiques artistiques, de supports, de médias et d'œuvres, définissant de nouveaux territoires. En explorant l'examen des phénomènes émergents et la recherche artistique fondée sur la pratique, nous analysons également la redéfinition des processus de communication dans la création et la réalisation artistique, reflétant les avancées technologiques et les changements sociaux contemporains.

Le deuxième chapitre traite de l'ère post-numérique et du potentiel de ce contexte actuel pour la multiplicité des formes de création artistique. Dans l'ère post-numérique, la numérisation omniprésente a entraîné une transformation accélérée de tous les domaines, y compris celui de l'art. Les artistes sont confrontés à des exigences techniques rigoureuses, doivent utiliser des informations et des outils disponibles en ligne et créer de nouvelles formes d'art qui alimentent un cycle de rétroaction culturelle. L'art post-numérique englobe une variété de formats et de dispositifs, caractérisés par leur digitalisation, leur temporalité, leur non-linéarité, leur interactivité et leur automatisation. Le développement de technologies (rassemblées sous l'acronyme *DARQ* : *Distributed Ledger Technology (DLT)*, *Artificial Intelligence (AI)*, *Extended Reality (XR)*, and *Quantum Computing*), et du *Big Data*, permet aux artistes de créer des paysages de données sophistiqués et d'enrichir notre perception du

monde. Dans ce contexte, les formes d'art éphémère émergentes remettent en cause les idées préconçues sur l'œuvre d'art et encouragent les artistes à repenser la valeur de leur travail ainsi que la relation du public à l'art.

Le troisième chapitre explore différentes formes et processus créatifs dans l'art numérique et post-numérique, en présentant des exemples d'artistes variés et en traitant de sujets tels que le *Glitch art*, l'art génératif, l'art interactif et immersif, le *Data/circuit-bending* et le *Net Art*. Ceci offre un aperçu des diverses productions et formes résultant de l'interaction homme-machine dans l'époque actuelle. Dans ce contexte, nous aborderons également la question de la notion d'auteur, particulièrement pertinente pour le développement croissant des technologies d'intelligence artificielle.

Le quatrième chapitre aborde la notion de modèle dans le contexte de la composition musicale, en examinant plusieurs exemples d'œuvres musicales basées sur ce principe. Nous étudions l'utilisation de ces formes en tant que fondement de la composition musicale, intégrant des éléments musicaux ou extra-musicaux provenant de diverses sources, telles que la nature, la technologie et les théories scientifiques. Nous aborderons les exemples de l'œuvre *Pithoprakta* de Iannis Xenakis, *Vigiles* de François-Bernard Mâche, *Germination* de Jean-Luc Hervé et *VOI(REX)* de Philippe Leroux. Ensuite, nous présenterons les notions de « formes de vitalité » de Daniel Stern et de « *Li* » et « *Qi* » de la philosophie néo-confucianiste, afin d'introduire l'idée de modèle dans mon travail de composition musicale.

Le cinquième chapitre explore l'histoire et l'évolution de la microtonalité dans la musique occidentale depuis l'Antiquité, en citant divers efforts théoriques pour encadrer son utilisation, puis en abordant le XXe siècle, où un intérêt renouvelé pour la microtonalité émerge de la part des compositeurs contemporains. Par la suite, nous présentons des exemples de son utilisation dans diverses traditions, démontrant ainsi que la microtonalité est largement répandue et fréquemment employée dans différentes cultures du monde. Nous donnerons un aperçu de l'utilisation de la microtonalité dans la musique indienne, arabe et balinaise, puis nous nous concentrerons sur des exemples de la musique *Selk'nam*, *Yolngu* et *Basotho*, où l'usage de la microtonalité est lié, de diverses manières, à un certain mimétisme avec la nature, à l'identité culturelle et à la cohésion sociale.

Le sixième chapitre décrit les différentes formes musicales composées à partir des données météorologiques capturées en direct. Il décrit le processus créatif qui a été développé pour transformer des données météorologiques en une partition interprétée par une soprano, un chœur et un orchestre. Les données ont été collectées à partir de stations météorologiques en ligne et utilisées pour différentes réalisations intermédiaires. Celles-ci comprennent une

installation sonore interactive intitulée *Météorologie Sonore*, une performance en ligne multimédia intitulée *#MétéoValberg*, pour arriver à la composition musicale de *Fréquence Terre*, créée à partir d'un échantillon de la version interactive. Ce dernier a été ensuite travaillé en utilisant des techniques de composition pour être interprété par des musiciens. Le dispositif initial a été recréé de manière simplifiée entièrement en ligne comme une installation en boucle disponible pour être écoutée et expérimentée.

Le septième chapitre décrit les processus de composition basés sur les données extraites des systèmes de plantes. La transformation des données végétales en sons, puis en musique, implique la collecte d'informations à l'aide de capteurs mesurant diverses caractéristiques biologiques et environnementales des plantes, pour ensuite les convertir en séquences sonores et finalement en œuvres musicales. Ce chapitre expose la démarche créative débutant par des ateliers éducatifs nommés *L'Aqua Symphonie du Potager*, destinés aux collégiens et axés sur la conception d'un jardin sonore. Par la suite, l'élaboration d'un écosystème interactif appelé *Green Meditation* est abordée, pour finalement aboutir à la création d'une partition pour un ensemble de neuf saxophones, intitulée *Blooming*, basée sur les enregistrements des données végétales. Ce cheminement illustre la transition depuis la conception et construction de systèmes de captation à l'aide de microcontrôleurs Arduino, permettant de saisir la vitalité des plantes sous forme de flux de données, jusqu'à la réinterprétation de ces données, façonnées par la composition musicale.

Le huitième chapitre explore la création de compositions issues de bases de données météorologiques à l'aide du programme *Pycomposition*, que j'ai développé pour la réalisation d'un projet collaboratif en partenariat avec un artiste visuel et les habitants du village de Le Broc. Ce projet a abouti à la création de l'œuvre multimédia intitulée *La Symphonie de l'Environnement*. Le code effectue une série d'opérations pour extraire les données sélectionnées du fichier, à partir des métadonnées, pour les assigner à différents paramètres musicaux. Sa construction s'appuie sur des techniques inspirées de la composition algorithmique pour générer séparément des gammes, des mélodies, des accords et des rythmes. De la combinaison et de la transformation de ces éléments naissent différentes sections de partitions musicales, qui, une fois assemblées, forment une partition globale. Des passages spécifiques sont ensuite extraits pour composer la pièce *Le village dans la montagne*, destinée à être jouée à la harpe avec un accompagnement électronique. Suivant ce principe d'extraction de fragments de la réalité météorologique correspondant au village de Le Broc, un patch a été créé pour générer diverses textures de synthèse granulaire qui seront synchronisées avec différents passages de l'interprétation instrumentale.

Le neuvième chapitre décrit le processus de composition basé sur les données de l'activité cérébrale. Il traite de la composition musicale basée sur les données issues d'EEG, en explorant les notions d'interactivité et de biofeedback en relation avec la réalité virtuelle. S'inspirant de l'œuvre *Music for Solo Performer* d'Alvin Lucier, le projet *La Rose et les étoiles* emploie un environnement de jeu vidéo conçu avec *Unreal Engine* pour convertir les données EEG en langages auditif et visuel. Dans le domaine sonore, les métadonnées sont attribuées à divers paramètres musicaux, sont filtrées et puis transformées en notes MIDI. Concernant l'aspect visuel, les métadonnées sont allouées à divers éléments de l'environnement en réalité virtuelle, tels que la déformation des systèmes de particules, la position des objets 3D dans l'espace, la taille des *point clouds* constituant des objets, ainsi que la couleur du ciel (*skybox*). La perception des biosignaux convertis en espace multimédia permet, grâce au biofeedback, de réguler le résultat dans cet espace. A partir de cette expérience, la création de *Flores hechas de cielo / Flowers made up of sky* a été réalisée à travers la définition d'une série d'actions destinées à un compositeur (performer). Celui-ci va, à travers son comportement, déterminer la narration et la forme musicale de l'œuvre. L'activité cérébrale sera entendue à travers une série d'oscillateurs, assignés aux différents types d'ondes selon les métadonnées. De plus, un système de reconnaissance de patterns activera partiellement les différents oscillateurs, en prenant en compte le degré de proximité de leur état avec des modèles créés auparavant à partir d'un processus d'apprentissage par *machine learning*. Ainsi, deux types de mapping s'alternent : les différentes ondes cérébrales sont assignées aux catégories musicales, et les modèles d'ondes cérébrales sont assignés aux oscillateurs pour générer des états sonores hybrides.

Première partie – La composition musicale aujourd’hui

Chapitre 1 - Nouvelles réalités, catégories et expressions artistiques

Composer.

(...) Du lat. class. *componere* (composé de *cum* et *ponere* « placer ») littéralement « poser ensemble, placer ensemble » d'où « faire un tout à l'aide d'éléments, écrire (un ouvrage) » et « accorder, mettre en ordre, régler un différend, convenir de quelque chose²⁹.

Afin d'aborder l'ample et complexe thématique de la composition musicale en cette première partie du XXI^e siècle, il convient d'explorer les bases fondamentales de l'établissement et de la définition de cette discipline artistique. En principe, il est pertinent de s'interroger sur les critères nous permettant de caractériser une réalité en tant que telle, en intégrant certains éléments spécifiques tout en excluant d'autres qui lui sont étrangers. Bien que le caractère partiel d'une définition puisse limiter notre compréhension, il demeure possible de délimiter un champ de possibilités qui nous autorise à établir une identité, même si celle-ci n'est pertinente que pour une période et un contexte donnés :

Pero el objeto de una definición es el de unificar y delimitar conceptos. Y en estos casos, en el de definiciones de conceptos generales (o primarios), las definiciones mismas no logran ni unificar ni delimitar lo que tratan de definir, ya que hay muchas definiciones para un concepto. Sería iluso aspirar a una definición completa sin que ésta fuese infinita. Pero es claro que las definiciones, aunque incompletas, como la de Tarski, delimitan parcialmente lo que tratan de definir³⁰.

Cette réflexion nous amène naturellement à considérer la question de la délimitation et de la définition d'une discipline artistique à un moment précis de l'histoire. Il est essentiel de garder à l'esprit que la notion même d'art a évolué au fil de son existence et que les critères ont changé en parallèle avec la société qui les établit. Ainsi, dans notre quête pour comprendre et appréhender la composition musicale contemporaine, il convient d'adopter une perspective

²⁹ CNRTL, *Composer: Etymologie de composer*, Consulté 13 juin 2022 à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/etymologie/composer>

³⁰ (« Mais le but d'une définition est d'unifier et de délimiter des concepts. Et dans ces cas, dans le cas de définitions de concepts généraux (ou primaires), les définitions elles-mêmes ne parviennent ni à unifier ni à délimiter ce qu'elles tentent de définir, puisqu'il existe de nombreuses définitions pour un même concept. Il serait illusoire d'aspirer à une définition complète sans qu'elle soit infinie. Mais il est clair que les définitions, même incomplètes, telles que celles de Tarski, délimitent partiellement ce qu'elles tentent de définir ») [Traduction personnelle] GERSHENSON, Carlos (2000) *Lógica II*, Consulté 11 juin 2022, à l'adresse <https://turing.iimas.unam.mx/~cgg/jlagunez/filosofia/Tarski-SemanticConceptionOfTruth.htm>

historique et contextuelle afin d'apprécier les différentes facettes de cette discipline en constante évolution.

Valeurs esthétiques et considérations sociales, mais aussi représentations sociales des auteurs, philosophes et théologiens ont ainsi teinté ces catégorisations d'une hiérarchie dans l'ordre idéal des préférences qui sont restées gravées dans les marbres de la transmission des savoirs. Elles formaient des repères intellectuels, en rapport avec une certaine vision de la phylogénèse des activités du corps et de l'esprit³¹.

En résultat de ce labeur conceptuel, de nombreux termes ont émergé dans le but de décrire les interrelations entre les différentes disciplines artistiques. Les préfixes tels que multi-, inter-, trans-, et outre-³², apparaissent comme différents essais théoriques pour définir les formes naissantes dans lesquelles les frontières entre les différents arts sont floues et les interactions entre les éléments d'une discipline sont hybridées avec les composants d'une autre sphère artistique, donnant lieu à des formes plus complexes. Cette dynamique interdisciplinaire contribue ainsi à l'élaboration d'un paysage artistique riche et en constante mutation, reflétant les diversités culturelles et les tendances évolutives de notre époque :

Certes, il n'y a pas d'interdisciplinarité sans disciplinarité, mais il n'y a pas d'interdisciplinarité sans indiscipline. La figure de l'anarchiste de l'art, l'indiscipliné John Cage, reste toujours actuelle et permet d'aller au-delà de tout savoir établi, à plus forte raison de toute discipline et même toute démarche qu'elle soit multi-, pluri- ou même inter-disciplinaire. Son art s'est développé aux lisières des disciplines déjà constituées en scrutant l'espace qui s'infiltré *entre* elles, mais aussi en repérant non seulement ce qui sépare les disciplines les unes des autres, mais également ce qui les traverse, les transforme, les déborde et les dépasse, de façon proprement transdisciplinaire ou mieux encore outredisciplinaire³³.

Dans cette optique, outre les relations entre les disciplines artistiques, la composition musicale s'enrichit également de ses échanges avec les disciplines scientifiques, notamment l'informatique qui se démarque parmi toutes les autres. Ces échanges ont été facilités par l'accès à l'information sur Internet et le développement des moyens de communication, permettant ainsi aux artistes et aux chercheurs de collaborer et d'explorer de nouvelles avenues dans la création musicale. L'interaction fructueuse entre la musique et les sciences, en particulier

³¹ REGIMBEAU, G. (2013). *Classifier les œuvres d'art : Catégories de savoirs et classement de valeurs*. Hermès, La Revue, 66(2), p. 60. Consulté 13 juin 2022, à l'adresse <https://doi.org/10.4267/2042/51553>

³² VERNER, L. (2005). *L'interdiscipline à l'œuvre dans l'art*. Marges. Revue d'art contemporain, 04, p. 30-44. <https://doi.org/10.4000/marges.726>

³³ *Ibid.* p. 11.

l'informatique, a ouvert la voie à des avancées significatives dans la compréhension des processus créatifs, la manipulation du son et l'élaboration de nouvelles formes d'expression.

La composition musicale au XXI^e siècle, aux formes multiples et diversifiées, se démarque significativement de ce qui était traditionnellement entendu par composition musicale au XIX^e siècle. Les divers éléments qui la composent – processus créatif, technique, réalisation, entre autres – n'ont pas suivi un développement parallèle et synchronisé, de même envergure. Cette évolution, en constante mutation, semble se conformer à un schéma bien précis.

Dans cette perspective, il est intéressant de s'appuyer sur le concept proposé par Deleuze et Guattari pour éclairer ce phénomène : la composition musicale évoluerait tel un « agencement ». Ils définissent ainsi l'agencement comme « une croissance des dimensions dans une multiplicité qui ne change nécessairement de nature à mesure qu'elle augmente ses connexions³⁴ ». Cette composition musicale s'incarne alors comme une proposition, résultat d'une réflexion approfondie sur le son, qu'il soit sous sa forme primordiale ou structurée culturellement, ainsi que sa projection dans le temps. Le concept de « rhizome », développé par les mêmes auteurs, permet de décrire cette prolifération de multiplicités où tous les points peuvent être connectés les uns aux autres, sans se référer à une hiérarchie désignant une unité racine. Cela s'avère particulièrement pertinent pour saisir et appréhender l'évolution de la composition musicale au XXI^e siècle, qui se caractérise par une complexité croissante et une interconnexion sans cesse renouvelée entre les différentes dimensions qui la constituent. « Il n'y a pas de langue en soi, ni d'universalité du langage, mais un concours de dialectes, de patois, d'argots, de langues spéciales³⁵ ». Dans cette perspective, il est effectivement essentiel d'identifier et de dénommer les différentes catégories émanant de nouvelles expériences et réalités émergentes. Cette démarche permet de faciliter la communication, d'approfondir et de développer une réflexion analytique et critique au sein de la musique. Elle contribue à l'élaboration d'un cadre conceptuel permettant d'appréhender et de décrire ces phénomènes musicaux innovants, favorisant ainsi leur compréhension et leur intégration au sein du champ de la recherche musicologique.

³⁴ DELEUZE, G., & GUATTARI, F. (2007), *Mille Plateaux, Introduction : Rhizome* (p. 4). In S. Manning & A. Taylor, *Transatlantic Literary Studies*. Edinburgh University Press. <https://doi.org/10.1515/9781474470674-039>

³⁵ *Ibid.* p. 4

1.1 Définir une réalité

Dans l'univers du matériel et de l'immatériel, tout ce qui existe renferme en soi la condition de vérité. Autrement, si l'on attribue à la vérité une condition relative, l'on peut affirmer que « rien n'a été et que rien ne sera, si quelqu'un n'y a pensé auparavant³⁶ ». Dans ce second cas, la relation de contiguïté entre l'énoncé de l'existant et l'existant lui-même est médiatisée par un interprète faisant appel à la « mémoire commune » établie par un corpus donné de « récepteurs », afin d'établir un jugement dans sa dénomination : « Dire de l'Être qu'il n'est pas, ou du Non-Être qu'il est, c'est le faux ; dire de l'Être qu'il est, et du Non-Être qu'il n'est pas, c'est le vrai³⁷ ».

Au stade de la perception de cette existence par un être sensible, cet « objet » est reconstruit par un processus de décodage. Pour les êtres humains, le système nerveux assume cette responsabilité en transmettant les signaux captés par nos sens au cerveau pour un traitement ultérieur de l'information. Les sensations sont en réalité des signaux électriques qui parcourent les neurones afin d'être interprétés comme tels une fois arrivés au cerveau. Le système nerveux, par sa nature même limitée à un nombre de stimuli possibles à détecter et à traiter, opère tel un système de "filtrage de données" dans l'appréhension et la compréhension de la réalité.

Comme le souligne Aristote, il est clair que l'appréhension partielle de la réalité conduit à de multiples interprétations qu'un même système perceptif peut faire d'une réalité donnée :

Cependant si tout n'est pas relatif, mais s'il y a des êtres existants en soi et par soi, tout ce qui apparaît ne saurait être vrai, car ce qui apparaît, apparaît à quelqu'un ; par conséquent, dire que tout ce qui apparaît est vrai, c'est ramener tous les êtres à la relation. (...) Ce qui apparaît est, pour celui à qui il apparaît, quand il lui apparaît, au sens où, et de la façon suivant laquelle il lui apparaît³⁸.

Les conditions inhérentes à une expérience ne peuvent être reproduites à l'identique, tout comme le temps dans lequel celle-ci se déroule et la manière dont nous la percevons. « *In even the most perfect reproduction, one thing is lacking: the here and now of the work of art-*

³⁶ ARISTOTE, *Métaphysique*. Traduction (éd. de 1953) de J. Tricot (1893-1963) Éditions Les Échos du Maquis (epub, PDF), p.106. Consulté 10 juin 2022, à l'adresse <https://philosophie.cegeptr.qc.ca/wp-content/documents/M%C3%A9taphysique.pdf>

³⁷ *Ibid.* p.106.

³⁸ *Ibid.* p.105.

*its unique existence in a particular case*³⁹ ». Afin d'appréhender des vérités « absolues » qui demeurent inchangées sur une période donnée, il serait nécessaire que l'objet étudié soit inerte ou immuable, tout comme son contexte environnemental et le système perceptif. Cependant, de telles conditions n'existent pas. Par conséquent, l'appréhension d'une vérité absolue impliquerait de percevoir l'inexistant, voire le néant.

En assumant la condition relative de la vérité, tant pour un seul système de perception que pour un macro-système, on peut déduire qu'il y aura des facteurs en discordance par rapport à l'interprétation des mêmes éléments. Par conséquent, il en sera de même pour leur dénomination. Pour en établir une, l'être humain doit créer une identification mentale de la « chose », que ce soit en termes de sensations, d'images, de sons, de symboles qui la représentent et permettent de la reconnaître et de communiquer à son sujet. Afin de surmonter les divergences entre les interprétations, des catégories plus larges de dénominations sont établies qui dépassent les multiples particularités et permettent des identités plus générales, en assumant leur vérité partielle : la dénomination elle-même varie en fonction de la relation avec la chose dénommée, avec le contexte et avec le temps.

Il en va tout différemment lorsque, par exemple, en évoquant une œuvre, nous faisons référence à un « canon éprouvé par le temps » et à la « valeur » d'une œuvre en relation avec celui-ci. Pour Benjamin, l'intégration des œuvres d'art dans la tradition occidentale est concomitante à l'ancrage d'une œuvre d'art dans le contexte de la tradition, qui s'exprime à travers un culte. Comme nous le savons, les premières œuvres d'art sont nées au service des rituels, et la valeur unique de l'œuvre d'art « authentique » et considérable repose toujours sur sa base rituelle⁴⁰.

Cette brève réflexion sur la notion de vérité et ce qu'implique la définition d'une réalité vise simplement à éclairer les fondements sur lesquels nous créons et nommons nos réalités. Elle nous permet, en quelques lignes, de prendre conscience de la fragilité de nos propres affirmations. De plus, elle nous aidera à dimensionner et à relativiser les divers points de vue que nous aborderons en traitant des sujets tels que la création musicale contemporaine, avec sa vaste gamme de formes d'expression, la recherche artistique basée sur la pratique en tant

³⁹ (« Même dans la reproduction la plus parfaite, il manque une chose : l'ici et maintenant de l'œuvre d'art, son existence unique dans un cas particulier. ») [Traduction personnelle]

BENJAMIN, W. (2008). *The work of art in the age of its technological reproducibility, and other writings on media* (p. 21). The Belknap Press Of Harvard Univ. Press. Consulté 27 mars 2023, à l'adresse <https://www.scribd.com/document/30777029/Benjamin-Walter-The-Work-of-Art-in-the-Age-of-Its-Technological-Reproducibility-and-Other-Writings-on-Media>

⁴⁰ *Ibid*, p.14-15.

qu'espace de génération et de développement de connaissances, et enfin, la création musicale liée à l'esthétique post-numérique et aux nouveaux médias.

1.2 Définir une discipline artistique

L'art est considéré comme une manifestation de la manière dont les êtres humains perçoivent et comprennent le monde qui les entoure. « *The artist's conception is an instrument of life, a refined way of understanding who we are and where we are* ⁴¹ ». En ce sens, il est essentiel d'aborder l'art en tenant compte de la diversité de notre société et de sa coexistence dans le monde, en évitant les visions limitées et ethnocentriques⁴². La compréhension de l'art et de ses manifestations culturelles nous permet d'explorer les différentes façons dont les individus et les groupes expriment leur identité et leurs expériences de vie⁴³.

Il est fréquent d'ignorer l'origine des éléments qui constituent notre vie quotidienne, y compris notre propre histoire évolutive et la manière dont cela se reflète dans l'art. Le processus d'hominisation, débuté il y a environ sept millions d'années⁴⁴, a conduit à l'émergence de l'Homo sapiens. Les fossiles les plus anciens de cette espèce ont été découverts en Éthiopie, datant d'environ 100 000 à 300 000 ans⁴⁵. L'anthropologie génétique retrace la première migration majeure hors d'Afrique il y a 60 000 ans, passant par l'Asie Mineure, l'Inde, l'Asie du Sud-Est, l'Australie et l'Europe. L'évolution des modes de vie et d'organisation est attribuée aux divers environnements, conditions climatiques et circonstances, notamment l'avènement de l'agriculture et de l'élevage il y a 10 000 ans⁴⁶. Les différences physiques entre les populations humaines découlent principalement des adaptations aux environnements et conditions climatiques spécifiques rencontrés lors de leur dispersion. La pigmentation de la

⁴¹ (« La conception de l'artiste est un instrument de vie, une manière raffinée de comprendre qui nous sommes et où nous sommes. ») [Traduction personnelle]

ARNHEIM, R. (2011). *Art and visual perception: a psychology of the creative eye* (p. 5). University Of California Press.

⁴² HALL, S. (2013). *The West and the Rest: Discourse and Power*. In S. Hall & B. Gieben (Eds.), *Formations of modernity*. Polity Press. <https://analepsis.files.wordpress.com/2013/08/hall-west-the-rest.pdf>

⁴³ GEERTZ, C. (1966). *The Impact of the Concept of Culture on the Concept of Man*. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 22(4), p. 2–8. <https://doi.org/10.1080/00963402.1966.11454918>

⁴⁴ TATTERSALL, I. (2012). *Masters of the planet: seeking the origins of human singularity* (p. 28). Palgrave Macmillan.

⁴⁵ WHITE, T. D., ASFAW, B., DEGUSTA, D., GILBERT, H., RICHARDS, G. D., SUWA, G., & CLARK HOWELL, F. (2003). *Pleistocene Homo sapiens from Middle Awash, Ethiopia*. *Nature*, 423(6941), Article 6941, p. 742-747. <https://doi.org/10.1038/nature01669>

⁴⁶ CORDAIN, L., EATON, S. B., SEBASTIAN, A., MANN, N., LINDBERG, S., WATKINS, B. A., O'KEEFE, J. H., & BRAND-MILLER, J. (2005). *Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century*. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(2), p. 341–354. <https://doi.org/10.1093/ajcn.81.2.341>

peau⁴⁷, la morphologie corporelle⁴⁸, la couleur des yeux et la forme du nez⁴⁹ sont des exemples d'adaptations permettant aux êtres humains de mieux survivre et de prospérer dans diverses régions du monde. La migration humaine vers divers environnements a conduit à l'élaboration de techniques et d'outils adaptés à la survie et à l'adaptation. Ces innovations englobent la chasse, l'agriculture, la défense, la construction et la confection de vêtements. L'environnement a donc été un facteur clé de diversification humaine, générant des modes de vie distincts, des formes d'organisation et des langues variées. Selon Lévi-Strauss, les langues ne sont pas seulement des moyens de communication, mais également des systèmes de classification de la réalité, illustrés par la capacité de certaines populations autochtones à décrire précisément les propriétés de leur environnement⁵⁰. Une fois la survie assurée, l'humanité a eu le temps de penser, d'observer et de créer.

Depuis les temps préhistoriques, l'humanité a été engagée dans des réalisations artistiques dont l'objectif principal était de s'exprimer. « *All that we know of early man, except what may be gleaned from his bones, is learned from his handicrafts. These reveal his desire to add something to his tools beyond pure utility* ⁵¹ ». À chaque époque et en chaque lieu, la signification de l'art prend des formes différentes. « *Aesthetic creeds are like customs; each has validity in its time and place*⁵² ». Nous ne disposons que de traces de ces différentes périodes, qui nous permettent de reconstituer une tentative de chronologie de l'évolution de la conception de l'art et de la réflexion sur sa pratique dans ces différentes cultures. Les premières expressions artistiques semblaient être souvent liées à la religion et au pouvoir politique. Dans le cas des civilisations anciennes, ces deux sphères étaient fortement liées. L'art jouait le rôle de médiateur entre la sphère mondaine et celle du divin. Comme exemple, considérons l'art funéraire de la Mésopotamie ancienne, dédié à la vie après la mort ou bien l'art précolombien qui accompagnait les rites, ces pratiques répétitives qui cherchaient à se connecter au divin à

⁴⁷ JABLONSKI, N. G., & Chaplin, G. (2000). *The evolution of human skin coloration*. *Journal of Human Evolution*, 39(1), p. 57-106. <https://doi.org/10.1006/jhev.2000.0403>

⁴⁸ RUFF, C. (2002). *Variation in Human Body Size and Shape*. *Annual Review of Anthropology*, 31, p. 211-232.

⁴⁹ FRAN, D. (2021). *How have we changed since our species first appeared?*. The Australian Museum. Consulté 3 août 2022, à l'adresse <https://australian.museum/learn/science/human-evolution/how-have-we-changed-since-our-species-first-appeared/>

⁵⁰ LEVI-STRAUSS, C. (2014). *La pensée sauvage* (p. 125-198). Plon.

⁵¹ (« Tout ce que nous savons de l'homme primitif, à l'exception de ce que l'on peut déduire de ses ossements, nous l'avons appris de ses activités artisanales. Ils révèlent son désir d'ajouter quelque chose à ses outils au-delà de la simple utilité ») [Traduction personnelle]

UPJOHN, E. M., WINGERT, P. S., & MAHLER, J. G. (1958). *History of World Art* (p. 3) (Second edition). Oxford University Press.

⁵² « Les credo esthétiques sont comme les coutumes ; chacun est valable en son temps et en son lieu ») [Traduction personnelle]

Ibid. p.4.

travers la transe : être « hors du temps », hors d'une chronologie linéale. En raison de l'incapacité à expliquer certains phénomènes, les êtres humains ont attribué au divin une certaine supériorité et domination sur le terrestre.

Certains individus revendiquaient un lien privilégié avec les divinités, un argument qui leur permettait de justifier leur domination sur leurs contemporains. Ceci a été progressivement intégré dans l'organisation de la société, ainsi que dans les pratiques religieuses et artistiques. Progressivement, toute l'activité commune devait être au service de ces puissances, qu'il s'agisse d'un roi, d'un pharaon, d'une ou de plusieurs divinités.

Au cours de l'évolution historique et de la progression des diverses civilisations, l'être humain a depuis 11.000 ans déployé des moyens technologiques pour faciliter sa subsistance et a également mis en place des mécanismes de défense, de production de la nourriture et de régulation des sociétés permettant la pérennité sur un territoire donné, indépendamment des conditions environnementales⁵³. La conquête de ces terres s'est souvent effectuée par la force (expansion d'empires, colonisation), attribuant un territoire spécifique à une communauté représentative d'une culture ou d'un ensemble de cultures. À cet égard, le développement artistique a joué un rôle essentiel dans le renforcement de l'identité culturelle locale⁵⁴. Comprendre les circonstances dans lesquelles les humains ont esquissé ce que nous connaissons comme les premières manifestations artistiques nous permettra de comprendre comment l'art est étroitement lié aux modes de vie des sociétés où il émerge, à l'environnement qui l'entoure, au rôle que l'art joue dans la société. Cela se reflète dans le type d'expression, les supports, les formes et les thèmes utilisés dans l'art.

Les plus anciens vestiges « d'art » découverts remontent à environ 64.000 ans. Ces manifestations sont considérées comme de l'art paléolithique. Il s'agissait pour la plupart de représentations d'animaux et de figures géométriques, qui auraient été réalisées par l'homme de Neandertal⁵⁵. Ce genre « artistique », caractérisé par la représentation d'animaux, a été découvert jusqu'à présent sous ses formes les plus anciennes en Europe, en Afrique, au Proche-Orient et en Asie. Les exemples les plus remarquables et célèbres ont été retrouvés dans le nord de l'Espagne et le sud-est de la France. Ces représentations se manifestaient sous diverses formes, telles que des peintures ou des gravures sur les parois rocheuses des grottes, des

⁵³ DIAMOND, J. (1997). *Guns, Germs, And Steel*. (p. 86–88). W.W. Norton & Co.

⁵⁴ HALL, S. (1997). *Representation: Cultural Representations and Signifying Practices* (p. 37–39). Sage.

⁵⁵ HOFFMANN, D. L., STANDISH, C. D., GARCÍA-DIEZ, M., PETTIT, P. B., MILTON, J. A., ZILHÃO, J., ALCOLEA-GONZÁLEZ, J. J., CANTALEJO-DUARTE, P., COLLADO, H., DE BALBÍN, R., LORBLANCHET, M., RAMOS-MUÑOZ, J., WENIGER, G.-Ch., PIKE, A. W. G. (2018). *U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art* ", *Science*, vol. 359, no 6378, p. 912-915. Consulté 03 août 2022, à l'adresse <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aap7778>

fresques murales, de petites sculptures et des ornements⁵⁶. Une distinction est faite entre l'art rupestre (sur les rochers, en extérieur), l'art pariétal (sur les parois des grottes), l'art mobilier (les objets) et plus tard aussi l'art mégalithique⁵⁷(constructions avec de grandes pierres, érigées sans l'aide de ciment ou de mortier dans leurs fondations). Ces pratiques artistiques se différencient en principe en fonction du support utilisé. Il ne serait pas possible de les classer en fonction de leur finalité, car le but de ces œuvres n'est pas connu avec certitude. Il pourrait s'agir de l'ornementation d'éléments ou de lieux qui faisaient partie de leur vie quotidienne ou de manifestations liées à des rituels religieux.

Dans les civilisations préclassiques, développées autour du IV^e millénaire av. J.-C⁵⁸, telles que les civilisations égyptienne, mésopotamienne et égéenne, l'art occupait une place centrale. Pour les Égyptiens, l'art était principalement présent dans les tombes, avec pour thème central la vie après la mort. L'art égyptien visait à glorifier les dieux, le pharaon, et faciliter le passage vers l'au-delà⁵⁹. L'expression artistique était strictement régulée par les exigences du symbolisme religieux, et la pierre demeurait le matériau privilégié. La musique égyptienne, quant à elle, était représentée par des instruments à cordes, à vent et de percussion, retrouvés sur les parois des tombes et dans les sépultures⁶⁰.

L'art mésopotamien, développé dans les déserts d'Arabie au nord et à l'ouest⁶¹, se caractérise par un style abstrait avec des sculptures et gravures ornant les temples, évoquant une forte charge émotionnelle et spirituelle. La musique, tant instrumentale que vocale, occupait une place centrale dans la vie sumérienne, avec des musiciens jouant un rôle crucial dans les temples et à la cour. Les fouilles des tombes royales d'Ur ont révélé des harpes, lyres, tambours, tambourins et flûtes, tandis que les écoles étaient le lieu d'expression de la poésie et du chant. Malgré des ressources limitées, les artisans sumériens étaient parmi les plus

⁵⁶ UPJOHN, E. M., WINGERT, P. S., & MAHLER, J. G. (1958). *History of World Art. Op, cit.*, p. 16.

⁵⁷ *Arts*, consulté 03 août 2022, à l'adresse <https://fr.wikipedia.org/wiki/Arts>

⁵⁸ UPJOHN, E. M., WINGERT, P. S., & MAHLER, J. G. (1958). *History of World Art. Op, cit.*, p. 24-54. Second edition. Oxford University Press.

⁵⁹ "Egyptian Art: Types, Characteristics, History". Art Encyclopedia. Consulté le 2 août 2022, à l'adresse <http://www.visual-arts-cork.com/ancient-art/egyptian.htm>

⁶⁰ PULVER, J. (1920). *The Secular Music of Ancient Egypt. The Musical Times*, 61(928), p. 408-410. <https://doi.org/10.2307/908606>

⁶¹ UPJOHN, E. M., WINGERT S. W., et MAHLER J. G. (1958). *History of World Art* (p. 41). Second edition. Oxford University Press.

compétents de l'Antiquité, comme l'illustre la tablette d'Ur, mentionnant huit ateliers spécialisés⁶².

La civilisation égéenne, englobant les civilisations cycladique, minoenne et mycénienne⁶³, se caractérise par un art principalement religieux. L'art minoen privilégie la peinture et représente des divinités, prêtresses et scènes rituelles⁶⁴, tandis que l'art mycénien, imposé par des souverains et nobles grecs, adopte un style guerrier, austère et sévère. Les instruments musicaux de l'âge du bronze égéen, tels que harpes, lyres, aulos, trompettes de triton, sistra et cymbales, témoignent de l'importance de la musique dans la société égéenne. La musique avait des fonctions pratiques et religieuses, participant à l'appel des fidèles, l'accompagnement des processions de soldats, l'éloignement des mauvais esprits, le renforcement du sentiment religieux, l'animation des cultes funéraires et l'invocation de la divinité⁶⁵.

Dans tous ces cas observés, l'art est étroitement lié à la vision du monde propre à une société. Cette perception du monde est élaborée et traversée par un réseau de relations et de hiérarchies qui mobilisent et soutiennent la concrétisation de ce la production artistique. L'inclinaison innée à représenter une réalité et son expérience esthétique se voient enveloppées par l'ensemble de ces structures qui cherchent à les intégrer dans le cadre d'une civilisation.

Dans les trois exemples suivants, l'art joue un rôle dans le développement des vertus de l'individu au sein du collectif social. Dans le cas de la Chine ancienne, la pratique artistique permet d'acquérir ces valeurs morales et éthiques. Pour certaines cultures précolombiennes, la vénération de la nature (non pas comme une entité extérieure à l'homme) et sa représentation abstraite symbolisent leur compréhension d'un ordre naturel en tant qu'organisme vivant dont ils font partie intégrante et interdépendante, ainsi que de leur cosmologie⁶⁶. Quant aux Grecs de l'Antiquité, ils exprimaient à travers l'art leurs idéaux de beauté, de vertus morales et de proportions harmonieuses.

⁶² KRAMER, S. N. (1971). *Sumerians: Their History, Culture, and Character* (pp. 99–101). University of Chicago Press. Consulté 2 mars 2023, à l'adresse

<https://oi.uchicago.edu/sites/default/files/uploads/shared/docs/sumerians.pdf>

⁶³ *Civilización egea*—Wikipedia, la enciclopedia libre. (s. d.). Consulté 4 août 2022, à l'adresse

https://es.wikipedia.org/wiki/Civilizaci%C3%B3n_egea

⁶⁴ UPJOHN, E. M., WINGERT S. W., et MAHLER J. G. (1958). *History of World Art* (p. 49-54). *Op. cit.*

⁶⁵ YOUNGER, J. G. (1998). *Music in the Aegean Bronze Age* (p. 1-54). Paul Åströms Förlag.

<https://kuscholarworks.ku.edu/handle/1808/5477>

⁶⁶ MORALES, M. A. (2008). *Hombre y naturaleza en la pintura mural teotihuacana*. In V. SOLANILLA DEMESTRE (Ed.), *Actas. Arte y arqueología en Teotihuacan : nuevos trabajos* (p. 14–18). Grup d'Estudis Precolombins, Departament d'art de La Universitat Autònoma de Barcelona.

ISBN 978-84-608-0771-1 <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/2914/naturaleza.pdf>

Durant la période Han en Chine, l'art était principalement influencé par le confucianisme, le taoïsme et le bouddhisme. L'éducation confucéenne préparait les jeunes hommes à intégrer le gouvernement, et la peinture et la calligraphie renforçaient la culture et les principes d'une conduite appropriée⁶⁷. L'art funéraire de cette période témoigne de l'influence des trois traditions, avec des éléments co-existant dans les tombes et les décorations des chambres funéraires⁶⁸. Les motifs préférés des peintures étaient les fonctionnaires gouvernementaux et leurs cortèges, reflétant l'importance mondaine et les idéaux confucéens. Les instruments de musique découverts dans la tombe de Zeng Hou Yi, notamment un ensemble de cloches en bronze et de pierres à carillon, ainsi que des instruments à vent, des instruments à cordes et des tambours, démontrent l'importance de la musique dans la Chine ancienne⁶⁹.

Autre est le cas des cultures précolombiennes (civilisations autochtones des Amériques), dont le but de l'art était de de nature chamanique. A titre d'exemple, nous citons le cas de la culture multiethnique de Teotihuacan dont les productions artistiques sont consacrées au culte des dieux et de la nature. Leur mission était de fournir une vision « cosmique » de la vie et de remplir leur mission religieuse. Ils possédaient une série de temples dédiés aux différentes divinités et forces de la nature, qui sont reliés par ce que les Aztèques appelaient la « rue des morts ». Outre la construction de temples, ils ont réalisé de nombreux masques funéraires en pierre, des sculptures en céramique et des peintures murales⁷⁰. Les instruments de musique, tels que les sifflets, les flûtes, les tambours et les trompettes, témoignent de la présence de musiciens. Les peintures également révèlent l'utilisation de la musique dans la culture de Teotihuacan, avec des chants et des prières lors des cérémonies⁷¹.

L'Antiquité grecque se caractérisait par la coexistence de diverses formes de gouvernements, tels que la démocratie, l'oligarchie et la tyrannie, ainsi que par une conception

⁶⁷ WATTS, A. (2020). *El camino del Tao*. Édition numérique en espagnol. Editorial Kairós. Consulté 4 août 2022, à l'adresse <https://es.scribd.com/book/482052931/El-camino-del-Tao>

⁶⁸ HONOUR, H., & FLEMING, J. (2004). *Historia mundial del arte* (p. 267–269). Akal Ediciones.

⁶⁹ ROWELL, L. (2002). *Review of Music in the Age of Confucius*. *Journal of Asian History*, 36(2), p. 206-208.

⁷⁰ TARANILLA DE LA VARGA, C. J. (2021). *Breve historia del Arte Precolombino* (p. 9-103) (Vol. 4). Nowtilus. Consulté 4 août 2022, à l'adresse <https://es.scribd.com/book/569694783/Breve-historia-del-arte-precolombino-Arte-4>

⁷¹ COWGILL, G. L. (2015). *Ancient Teotihuacan. Early Urbanism in Central Mexico* (p. 319). Cambridge University Press. <https://www.scribd.com/document/375857099/Ancient-Teotihuacan-Early-Urbanism-in-Central-Mexico-pdf>

limitée de la citoyenneté⁷². Dans ce contexte, l'art revêtait une dimension politique, contribuant à affirmer l'identité singulière de chaque *polis*, à glorifier les dieux et les héros⁷³, tout en incarnant les idéaux esthétiques, éthiques et harmonieux de la société⁷⁴. Ces caractéristiques se reflètent notamment dans les peintures et sculptures de cette époque, témoignant du rôle fondamental de l'art en tant qu'instrument d'expression et de représentation des valeurs et aspirations collectives. La musique tenait une place importante, étant omniprésente dans la littérature et dans les représentations picturales. Des vestiges d'instruments et des représentations artistiques témoignent des techniques de jeu et des contextes de représentation. La musique accompagnait les événements religieux, festifs, funéraires et les célébrations, et les Grecs disposaient d'un système de notation musicale dès le IV^e siècle avant J.-C.⁷⁵.

Dans les civilisations classiques, l'art englobait toutes les créations réalisées suivant des règles et ne se limitait pas à l'esthétique, mais incluait également la moralité. Plusieurs systèmes de classification des arts existaient⁷⁶, tels que ceux proposés par les Sophistes et Plutarques, Platon, Aristote, Galien, Sénèque, Quintilien, Dionysius Thrax, Lucius Tarrhaeus et Cicéron, basées sur divers critères tels que la finalité, le rapport à la réalité, l'effort physique, le degré de réalisation ou la valeur de l'œuvre. Dans ce contexte, Platon et Aristote ont établi une classification basée sur le rapport des arts à la réalité, en distinguant les arts productifs et les arts imitatifs : réels et imaginatifs dans le cas de Platon, et dans le cas d'Aristote on retrouve les arts qui complètent et ceux qui imitent la nature⁷⁷.

À travers les écrits hérités de la Grèce antique, nous constatons qu'il est possible d'observer une réflexion approfondie sur l'art au-delà de sa fonction immédiate liée au symbolique⁷⁸. Bien que la dimension fonctionnelle de l'art dans la société demeure d'une importance capitale, celle-ci se voit complétée par une vocation esthétique. Chiara Savettieri, s'appuyant sur les idées de Quatremère, expose que la quête de perfection correspond à la recherche de la beauté en lien avec le supérieur et le divin. La sculpture, par exemple, émane

⁷² HANSEN, M. H. (1999). *The Athenian assembly in the age of Demosthenes: structure, principles, and ideology*. (p. 6–67). University Of Oklahoma Press.

⁷³ GOTTELAND, S. (2020). *Honorés à l'égal des dieux et des héros ? La célébration des bienfaiteurs de la démocratie chez les orateurs attiques*. *Mythos. Rivista di Storia delle Religioni*, 14, Article 14, 18 p. <https://doi.org/10.4000/mythos.2320>

⁷⁴ IDROBO LASSO, J. A. (2014). *La polis perfecta. La virtud del buen ciudadano : La prudencia* (p. 72). <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/17872>

⁷⁵ WEST, M. L. (1992). *Ancient Greek Music* (p. 1–30). Clarendon Press.

⁷⁶ TATARKIEWICZ, W. (1963). *Classification of Arts in Antiquity*. *Journal of the History of Ideas*, 24(2), p. 231-238. <https://doi.org/10.2307/2707847> .

⁷⁷ *Ibid.*, p. 231-238.

⁷⁸ RIEBER, A. (2009). *L'art comme forme symbolique*. *Appareil*, 3, Article 3, p. 2. <https://doi.org/10.4000/appareil.825>

d'une tentative de matérialisation d'entités divines sous une forme perceptible. Par la suite, la divinité est elle-même perçue à travers ces représentations⁷⁹. Si l'on observe l'évolution de l'art de la période classique à nos jours, on constate que ce double aspect s'est développé au fil des années. D'une part, la valorisation et l'intégration et la valorisation de l'art dans l'évolution de la civilisation, et d'autre part, le développement du langage artistique comme résultat de l'évolution des différentes techniques, esthétiques, connaissances et philosophies correspondant à chaque processus historique, ont considérablement évolué depuis l'ère classique.

Bien que l'art ne soit pas indispensable à la survie des êtres humains, il est néanmoins valorisé non pas pour sa contribution à cette fonction vitale, mais pour la valeur symbolique qu'il apporte au domaine culturel de la société. Cette valeur est accordée par différents acteurs de cette société, qui varient évidemment à chaque période de l'histoire, allant des individus à la tête d'une tribu, d'une civilisation, d'une religion, aux individus qui se démarquent dans une société par leurs ressources économiques, jusqu'à tous les individus qui font partie intégrante de la société. L'art influe sur la politique d'une société et, par conséquent, sur le statut de l'artiste au sein de celle-ci. De l'artiste serviteur à l'artiste entrepreneur il y a un long chemin de deux millénaires.

Au Moyen Âge, l'art savant occidental était principalement géré par l'église, tout comme à la Renaissance, il l'était par l'aristocratie, après le retour de l'être humain « au centre de l'univers ». Les mécènes à cette époque étaient les ducs, les rois, le pape et les marchands. À l'époque baroque, l'art est instrumentalisé par l'Église catholique romaine en réponse à la Réforme. Le classicisme, style caractérisé par la réglementation du style et donc des formes, est une période où le mécénat se diversifie. Les artistes réalisaient des œuvres commandées par les ecclésiastiques, les barons et les comtes de l'aristocratie, exerçaient en tant que musiciens de cour ou maîtres d'église. Les académies ont été créées entre le XVII^e et XVIII^e siècle, devenant les lieux où certains artistes ont commencé à travailler comme enseignants. Le romantisme, apparu ultérieurement, se distingue du classicisme par la libération des formes et du contenu, laissés à la créativité et à l'inspiration de l'artiste. Durant cette période, certains artistes s'affranchissent de la dépendance envers les mécènes, adoptant un mode de vie bohème.

⁷⁹ SAVETTIERI, C. (2009). « *L'Art ne reproduisait pas seulement, mais il créait les dieux.* » *Quatremère de Quincy entre archéologie, histoire de l'art et approche anthropologique*. Les actes de colloques du musée du quai Branly Jacques Chirac, 1, Article 1, p. 2-3. <https://doi.org/10.4000/actesbranly.82>

Dans la plupart des cas, le mécénat continuait à prévaloir, de la part des princes et des mécènes fortunés. Si les États ont progressivement commencé à financer une partie de l'art et de la culture, la pratique du mécénat perdure encore aujourd'hui, avec quelques nouveaux acteurs, comme les entreprises et les fondations. Ces changements dans le mode de financement de l'art s'accompagnent d'une ouverture des possibilités expressives du langage artistique. Les supports matériels des œuvres d'art ont également muté au fil du temps, tout comme les lieux où ces œuvres étaient présentées ainsi que le public auquel elles s'adressaient. L'art en tant que manifestation de l'esprit humain a mûri en même temps que toutes ses autres créations.

Il est évident que ce monde [le monde de la civilisation] n'existe pas comme une chose toute faite. Il doit être construit ; il doit être édifié par un effort continu de l'esprit humain. Le langage, le mythe, la religion, l'art, la science ne sont rien d'autre que les étapes individuelles accomplies dans cette direction⁸⁰.

D'après Ernst Cassirer, ces phases participent d'un processus « d'objectivation » au cours duquel le monde se construit. La totalité de ces éléments forme ce que nous désignons comme la culture humaine. Nous pouvons les distinguer en fonction de la nature de l'objectivation de chacun. L'objectivation du mythe est de nature imaginative, celle du langage et de la science est conceptuelle, et celle de l'art est de type intuitive ou contemplative. L'art nous instruit à appréhender les choses et non à simplement les conceptualiser ou les utiliser, mettant en lumière les formes pures de la nature et de l'esprit, de l'existence humaine. Le regard de l'artiste n'observe pas une réalité statique et directe, mais des formes vivantes : l'harmonie, les contrastes entre lumière et ombre, les couleurs. L'expérience esthétique réside dans l'immersion dans l'aspect dynamique de la forme. Dans cette perspective, le mythe, la religion, le langage, la science, la philosophie et l'art représentent des activités humaines qui cherchent à interpréter la réalité, à la rendre cohérente, accessible, intelligible. Parmi toutes ces expériences, l'art se démarque comme un moyen d'envisager la réalité à travers l'aspect dynamique de sa forme. Tandis que le mythe ou la religion nous autorisent à concevoir l'explication de la réalité, le langage, la philosophie et la science ont pour objectif de définir des concepts pour la comprendre⁸¹. De tout ceci, je conclus que les disciplines artistiques émergent d'une collaboration collective dans laquelle les artistes saisissent la réalité par le biais

⁸⁰ CASSIRER, E. (1995). *Langage et art II*. In C. BERNER, F. CAPELLERES, J. CARRO, & J. GAUBERT (Trad.), *Écrits sur l'art* (p. 147–148). Les Éditions du Cerf, In RIEBER, A. (2009). *L'art comme forme symbolique*. Appareil 3, Article 3, p.3-4. <https://doi.org/10.4000/appareil.825>

⁸¹ RIEBER, A. (2009). *L'art comme forme symbolique*. *Op. cit.*, p. 4-7.

de sa forme dynamique, puis expriment cette perception au moyen d'une série de symboles médiatisés par leur identité propre, influencée par une structure sociale et un contexte historique. Ainsi, à travers leurs œuvres d'art, ils proposent en retour un point de vue, une façon d'appréhender le temps.

1.3 La recherche artistique basée sur la pratique

La pratique et la théorie sont toutes deux nécessaires pour le développement de la connaissance. Aristote l'avait déjà souligné au IV^e siècle avant J.-C. dans le livre IA de sa « *Métaphysique* »⁸². « L'art naît lorsque, d'une multitude de notions expérimentales, se dégage un seul jugement universel ; applicable à tous les cas semblables⁸³ ». Il poursuit son argumentation en expliquant que l'expérience est une connaissance du cas individuel, alors que l'art est une connaissance de l'universel. L'expérience, d'après Aristote, nous confère la prise de conscience de l'existence d'un élément, tandis que la connaissance théorique nous apporte également la compréhension de la cause. La sagesse découle de la maîtrise des principes de ce qui est réalisé. De plus, le sage se distingue par sa faculté à transmettre ces deux aspects⁸⁴.

La recherche artistique nous permet également d'articuler ces deux états de la connaissance. La pratique et la réflexion qui en résultent, au cours desquelles les problématiques sont reformulées afin de faire progresser la recherche, permettent d'approfondir le sujet et la méthode employée. L'outil qui nous permet d'articuler ces instances est la question. Une question constitue un moyen pour passer de l'inconnu à la compréhension⁸⁵. La question de recherche est renouvelée à chaque instance de ce cycle alternant pratique et réflexion, et contribue ainsi à enrichir la conscience du champ de connaissances abordé. Dans ce contexte de recherche, une question est basée sur un présupposé. « *Put another way, a path of inquiry is embedded within the question itself*⁸⁶ ». La méthodologie à suivre pour répondre à cette question de recherche sera appropriée au sujet de la recherche. Il peut être créé pour le cas en question, ou utiliser des formes déjà fréquemment utilisées dans le domaine de la recherche

⁸² ARISTOTE, *Métaphysique*. *Op. cit.*, p. 43.

⁸³ *Ibid.* p.43.

⁸⁴ *Ibid.* p. 43-44.

⁸⁵ VINCS, R. (2017). *That Is the Question: the nature and scope of the research question within practice-led artistic research*. In: BURKE, R. et ONSMAN, A. (2017) *Perspectives on Artistic Research in Music* (p. 48). Lexington Books.

ISBN 978-1-4985-4482-5

⁸⁶ (« En d'autres termes, la question comporte une piste de recherche implicite ») [Traduction personnelle] *Ibid.* p. 48.

artistique. « *We argue in favour of methodological anarchy and tolerance. In our opinion, high-standard and mature research is characterised qualitatively by the specific features of tolerance and Diversity*⁸⁷ ». Comme l'explique cette phrase, qui fait pertinemment référence à la pluralité des voix et à la tolérance de cette diversité, il est important dans la recherche artistique de maintenir une certaine flexibilité permettant de bouleverser les méthodes et les formes, afin de permettre le progrès et la créativité, qui restent essentiels à cette discipline.

Robert Vincs distingue deux types de recherche artistique. L'une est basée sur la « pratique en tant que recherche » (« *practice as research* ») et l'autre est « guidée par la pratique » (« *practice-led research* »), c'est-à-dire que dans la première acception, la pratique est le sujet, et dans la seconde, la pratique fait partie du support méthodologique. Dans le cas de la pratique comme recherche, l'« artefact » apparaît, selon Vincs, comme le résultat d'une question encore non articulée et d'une méthodologie non développée. Dans ce cas, la question de recherche est, selon lui, équivalente à l'impulsion créatrice qui s'exprime sous la forme d'une conclusion, dans la complétude de l'œuvre artistique. Cette conclusion est impossible à connaître pour le public et souvent inconnue pour l'artiste. Dans le cas de la recherche artistique dirigée par la pratique, la question de recherche commence également par une impulsion, mais elle devient, grâce à une méthodologie, une question qui se matérialise progressivement et commence à rendre l'impulsion explicite⁸⁸.

Dans le domaine des sciences, la recherche s'appuie sur une méthode scientifique traditionnelle, qui consiste à partir de l'observation, à déterminer un problème, à enquêter et à établir une hypothèse de réponse, puis à réaliser des expériences et, en fonction des résultats, à répéter la procédure si nécessaire jusqu'à ce qu'une réponse soit trouvée. Alors que la science cherche à trouver des schémas qui se répètent afin d'établir des lois et d'expliquer la réalité de manière unilinéaire, l'art cherche à fournir une vision unique et originale de la réalité. Il peut y avoir des styles, des courants, des écoles qui agglomèrent une série d'artistes dans la même direction à un moment donné, mais l'œuvre de chaque artiste est unique, dans le sens où elle apporte sa propre façon d'observer la réalité. Le scientifique part de la diversité et cherche à la

⁸⁷ (« Nous plaidons en faveur de l'anarchie et de la tolérance méthodologiques. Selon nous, une recherche de haut niveau et mature se caractérise qualitativement par les spécificités de la tolérance et de la diversité ») [Traduction personnelle]

HANNULA, M., SUORANTA, J., & VADEN, T. (2005). *Artistic Research: theories, methods and practices* (p. 14). Helsinki Academy Of Fine Arts, University of Gothenburg / ArtMonitor.
<https://www.scribd.com/document/187285809/Hannula-Et-Al-Artistic-Research-Theories-Methods-and-Practices>

⁸⁸ VINCS, R. (2017). *That Is the Question: the nature and scope of the research question within practice-led artistic research*. *Op. cit.*, p. 47-49.

condenser, à aller à la recherche de l'universel. L'artiste part de l'universel qu'il perçoit dans la réalité et va à la recherche de l'individuel, de son expression singulière.

Hannula, Suoranta et Vadén distinguent quelques objectifs fréquemment présents dans la recherche artistique : produire des informations qui sont ensuite utiles à la pratique, développer des méthodes de création, promouvoir la compréhension de l'art dans son contexte historique, social, politique et économique, interpréter les œuvres d'art, analyser les tendances de l'art et le développement technique qui l'accompagne, repenser le rôle de l'artiste et la notion d'auteur⁸⁹.

En tant que méthodes, ils en mentionnent certaines, tout en précisant qu'il ne s'agit pas d'une liste exhaustive, mais simplement d'un aperçu pour refléter certaines tendances et ouvrir d'autres portes. « *Methodological pluralism is an epistemological starting point, grounded in the basic vision of a democracy of experiences*⁹⁰ ». Ils présentent une liste de cinq façons d'aborder la construction d'une méthodologie dans le domaine de la recherche artistique :

- Par l'approche des expériences individuelles,
- Par l'analyse des représentations médiatiques ou des artefacts culturels,
- Par la recherche collaborative et participative,
- Par l'ethnographie ou l'observation d'une réalité sociale,
- Par les interventions visant à influencer la conscience des gens.⁹¹

L'activité pratique est constamment associée à des engagements théoriques et à des hypothèses qui déterminent et orientent sa construction. Cette théorisation, qu'elle soit implicite ou explicite, distingue la pratique artistique de la recherche scientifique, comme l'indique la classification de Vincs. La recherche implique un processus de verbalisation, de contextualisation et de réflexion concernant les pratiques, les techniques, les enjeux et les concepts engagés dans l'acte artistique en question. La variété méthodologique précédemment évoquée concerne les deux formes de recherche, à savoir la "pratique en tant que recherche" et une recherche "guidée par la pratique". Pour éclaircir en termes généraux les étapes à suivre dans une recherche artistique, on distingue : l'identification d'un objet de recherche qui attire notre intérêt, un processus de « faire émerger » (« *bringing forth* ») l'objet, que ce soit sous

⁸⁹ HANNULA, M., SUORANTA, J., & VADÉN, T. (2005). *Artistic Research: theories, methods and practices*. Op. cit., p. 21-22.

⁹⁰ (« Le pluralisme méthodologique est un point de départ épistémologique, ancré dans la vision basique d'une démocratie des expériences. »)

Ibid. p. 67.

⁹¹ *Ibid.* p. 67-99.

forme d'œuvre d'art, de texte, et enfin le processus de verbalisation, qui consiste à réaliser des interprétations, des réflexions, des abstractions, des conceptualisations. Grâce à ce processus, le chercheur artiste développe la capacité d'acquérir et de produire des informations dans un esprit critique et constructif sur la réalité artistique existante et la réalité à être créée⁹².

Vers la fin de son chapitre sur la question de recherche dans la recherche artistique dirigée par la pratique, Robert Vincs conclut que toute connaissance a une signification qui n'est peut-être pas mesurable au début d'une recherche, mais qu'il faut continuer à avancer et à travailler sur la question centrale et le langage avec lequel elle est posée dans le cadre du processus par lequel les impulsions inconscientes qui produisent une œuvre artistique sont explicitées. Ce processus qui consiste à travailler et à affiner sans cesse la question en allant et venant de la pratique est sans doute plus important que de prétendre théoriser dès le départ sur la base d'idées isolées. Dans le contexte d'une recherche basée sur la pratique, un artiste se pose principalement deux interrogations : quelles sont les raisons qui motivent ma manière de créer de l'art (« *immanent causation* »), et comment mon art est-il perçu et vécu par le public (« *transeunt causation* » - qui produit un effet en dehors de l'esprit) ?. D'après lui, toutes les autres questions découlent de ces deux préoccupations essentielles :

*By what terms do I understand my art? Who else understands art in the way I do? How am I similar? How am I different? What qualities of Being does my art express? What materials do I choose to express my artistic impulses? Why do I choose them? How does an audience experience the art that I make? What perceptual, critical, cultural, political, social, or religious tools do I use in the creation of my work? Could it be anything other than what it is?*⁹³

La pratique artistique permet d'initier des processus de production de connaissances. Par le biais de la recherche artistique, l'art devient l'objet d'étude et le moyen par lequel les modèles de recherche sont générés. Le terme « *knowing* » (connaissant) renvoie à un processus d'apprentissage dynamique par lequel les savoirs sont acquis grâce à la pratique, contrairement à « *knowledge* » (connaissance), qui évoque les savoirs acquis. Ce concept se différencie des

⁹² *Ibid.* p. 109-110.

⁹³ (« Par quels termes est-ce que je comprends mon art ? Qui d'autre comprend l'art de la même manière que moi ? En quoi suis-je semblable ? En quoi suis-je différent ? Quelles qualités de l'Être mon art exprime-t-il ? Quels sont les matériaux que je choisis pour exprimer mes impulsions artistiques ? Pourquoi les ai-je choisis ? Comment un public expérimente-t-il l'art que je fais ? Quels sont les outils perceptifs, critiques, culturels, politiques, sociaux ou religieux que j'utilise dans la création de mon œuvre ? Pourrait-il être autre chose que ce qu'il est ? ») [Traduction libre].

VINCS, R. (2017). *That Is the Question: the nature and scope of the research question within practice-led artistic research*. *Op. cit.*, p.53.

compétences acquises par répétition, appelées « connaissances procédurales ». L'expression « *knowing in performing* » (connaissant en performant) fait référence à l'acte créatif dans les arts performatifs, considéré comme une manière spécifique de générer des connaissances. Cette connaissance se caractérise par le fait qu'elle est multidimensionnelle car elle inclut des connaissances incarnées dans le corps, des connaissances situationnelles, ainsi que des connaissances liées à l'expérience propre au type de travail. Elle consiste en un mélange de compétences et d'expériences qui se manifestent dans la pratique artistique. Elle implique, en plus de ces différentes formes de connaissances, une certaine désobéissance, qui permet de briser les conventions et de repousser les limites. La recherche artistique, la recherche basée sur l'art et l'art basé sur la recherche, sont différentes conceptualisations basées sur la pratique de la recherche artistique aujourd'hui⁹⁴.

Dans tous les cas, l'objectif est l'art :

*As artists we engage in research to become better at what we are doing, for the development of knowledge and methods. We introduce new ideas in order to rethink art, become leaders, increase audience engagement, investigate new presentation formats, tackle political and societal issues, or to develop sustainable practices. We do it for the relevance of art in an ever more complex and diverse society*⁹⁵.

Comme l'indique Lilja dans ce chapitre, il existe encore dans certains pays une certaine résistance à la recherche artistique, et l'on tente de forcer l'utilisation de méthodes qui appartiennent à la science. Si l'on ajoute à cela l'orientation des politiques culturelles vers la commercialisation et le développement de la numérisation et de la mondialisation par l'internet, on constate une demande croissante d'interdisciplinarité ainsi que de résultats rapides et concrets. La recherche et la création prennent du temps. Le rôle de l'université en tant que lieu de développement de la recherche créative est privilégié. Les universités ainsi que ceux qui mènent et dirigent la recherche doivent être à jour et ouverts à l'innovation artistique. Ils doivent

⁹⁴ HUBER, A., INGRISCH, D., KAUFMANN, T., KRETZ, J., SCHRÖDER, G., & ZEMBYLAS, T. (2021). *About knowledge and realization in artistic activities: knowing in performing*. In A. HUBER, D. INGRISCH, T. KAUFMANN, J. KRETZ, G. SCHRÖDER, & T. ZEMBYLAS (Eds.), *Knowing in performing: artistic research in music and the performing arts* (p. 17-19). Verlag. <https://fr.scribd.com/read/490713993/Knowing-in-Performing-Artistic-Research-in-Music-and-the-Performing-Arts#>

⁹⁵ (« En tant qu'artistes, nous nous engageons dans la recherche pour devenir meilleurs dans ce que nous faisons, pour le développement des connaissances et des méthodes. Nous introduisons de nouvelles idées afin de repenser l'art, de devenir des leaders, d'accroître l'engagement du public, d'étudier de nouveaux formats de présentation, d'aborder des questions politiques et sociétales ou de développer des pratiques durables. Nous le faisons pour la pertinence de l'art dans une société toujours plus complexe et diversifiée ») [Traduction personnelle]
LILJA, E. (2021). *The Pot Calling the Kettle Black; An Essay on the State of Artistic Research*. In A. HUBER, D. INGRISCH, T. KAUFMANN, J. KRETZ, G. SCHRÖDER, & T. ZEMBYLAS (Eds.), *Knowing in performing: artistic research in music and the performing arts*. Op. cit., p. 28.

disposer de l'infrastructure et du temps nécessaires pour développer une forte communauté de recherche, en constante évolution et en mouvement avec le temps. Comprendre les besoins de la société dans laquelle ils se développent, garder la cohérence et l'intégrité et en même temps le contact avec la réalité et la perméabilité avec les autres disciplines. Le contraire de cela est un conventionnalisme insensé, condamné à sa propre aliénation et extinction. La recherche artistique peut contribuer à faire connaître l'art contemporain à un public plus large, à promouvoir la cohésion sociale, à favoriser les processus d'innovation sociale fondés sur la culture, à promouvoir l'interdisciplinarité et les méthodes de production et d'innovation.⁹⁶

It is up to us as artists to focus on how we can make academic infrastructures embrace artistic research, and which aspects we think can enhance the relevance of art and its presence in our lives. This, I would say, takes a measure of individual and institutional disobedience. Boundaries must be expanded and extended, and conventions based on tradition exploded ... One simply can't let the pot call the kettle black⁹⁷.

Dans l'état actuel de la disponibilité des technologies, et de l'imbrication des disciplines, nous pouvons constater que le chercheur développe des tâches multiples afin de pouvoir intégrer le corpus de connaissances traditionnelles du répertoire de sa discipline, de se servir des nouvelles technologies qui font partie de ses outils de création et de réalisation, et de réfléchir à sa propre praxis. Dans un va-et-vient entre ces territoires, le profil d'un chercheur-artiste ou artiste-chercheur se définit. Comme Cat Hope le définit : « *The practice-led researcher is a new and unique staff member in the university landscape, wearing multiple hats at different times, constantly arguing for legitimacy and in ongoing turmoil about their identity*⁹⁸ ».

⁹⁶ LILJA, E. (2021). *The Pot Calling the Kettle Black; An Essay on the State of Artistic Research*. In A. HUBER, D. INGRISCH, T. KAUFMANN, J. KRETZ, G. SCHRÖDER, & T. ZEMBYLAS (Eds.), *Knowing in performing: artistic research in music and the performing arts*. Op. cit., p. 28-33.

⁹⁷ (« C'est à nous, en tant qu'artistes, de nous concentrer sur la manière dont nous pouvons faire en sorte que les infrastructures universitaires accueillent la recherche artistique, et sur les aspects qui, selon nous, peuvent renforcer la relevance de l'art et sa présence dans nos vies. Je dirais que cela demande une certaine désobéissance individuelle et institutionnelle. Les frontières doivent être élargies et étendues, et les conventions basées sur la tradition doivent être explosées ») [Traduction personnelle]
Ibid. p. 33.

⁹⁸ « Le chercheur guidé par la pratique est un membre du personnel nouveau et unique dans le paysage universitaire, portant de multiples casquettes à différents moments, se disputant constamment la légitimité et en perpétuelle turbulence quant à son identité » [Traduction personnelle]

HOPE, C. (2016). *The Decibel New Music Ensemble. Artistic Research in Experimental Music at the Academy* dans In: BURKE, R. et ONSMAN, A. (2017) *Perspectives on Artistic Research in Music*. Op. cit., p. 154.

1.4. La composition musicale au XXI^e siècle

Notre réalité actuelle, au cours de la première moitié du XXI^e siècle, se caractérise par l'ère post-numérique, la crise climatique et la crise sociale globale qui se manifeste sous diverses formes : la non-conciliation entre les formes d'organisation politique démocratiques et autocratiques, les cybermenaces, la confrontation entre les religions, la lutte pour l'égalité des sexes dans la valorisation égale des femmes dans la société et surtout sur le marché du travail, la transition écologique, l'épuisement des ressources naturelles, la crise migratoire, les inégalités économiques et sociales. La culture occidentale s'est développée en se fondant sur des valeurs associées à la domination plutôt que la communication et la tolérance, la rationalisation et l'action plutôt que l'intuition et la contemplation, la rapidité plutôt que la profondeur, et la clarté et la simplicité plutôt que la complexité. En conséquence, notre monde reste marqué par des phénomènes tels que les conflits, la famine, l'injustice, les abus et la compétition. Néanmoins, les crises offrent l'opportunité de susciter une prise de conscience nouvelle et d'engendrer un changement significatif.

Dans le domaine artistique, on observe une influence marquée des avancées technologiques liées à la post-numérisation, telles que l'automatisation, l'intelligence artificielle, les réalités étendues, la surabondance d'informations et l'expansion de l'internet. Face à la crise climatique, un intérêt croissant des artistes pour le lien avec la nature et l'exploration de cette thématique en tant que sujet de création artistique est perceptible. Ceci évoque les années 1960 et l'émergence de l'écosophie, mais de nos jours dans une situation avec une visibilité accrue des effets du changement climatique et une urgence plus prononcée en matière de sensibilisation. Quant à la crise sociale, plutôt que de voir des manifestations majeures similaires à celles du passé sous la forme d'art social, on assiste à la création de communautés parallèles via les réseaux sociaux et les plateformes en ligne. Ces communautés transcendent les conflits territoriaux et visent à développer des espaces de collaboration et de performance collaborative à l'échelle mondiale.

Concernant la composition musicale, on observe une adoption croissante de l'informatique, une intégration des techniques et des formes de composition du XX^e siècle au corpus précédent, une expansion de la transdisciplinarité, de l'immersivité et de la création dans des espaces dématérialisés, pour élargir ainsi les dimensions de la composition. En ce qui concerne l'informatique, la micro-composition est particulièrement développée dans la construction même du son et la macro-composition dans la génération de matériaux et de

formes par des techniques génératives de traitement de données ou par l'utilisation de techniques d'intelligence artificielle. Par rapport aux techniques développées au cours du XX^e siècle, l'utilisation de techniques instrumentales étendues prédomine, pour produire des variantes de sons, entre bruits et tons. Il y a encore des traces d'hyper-notation stricte, en même temps que des traces d'indétermination encore plus accentuées pour créer des œuvres ouvertes. En ce qui concerne les techniques héritées du XX^e siècle, l'usage d'instruments étendus est prédominant pour générer des variantes sonores entre bruits et tons. On retrouve des traces d'hyper-notation rigoureuse ainsi que des éléments d'indétermination encore plus marqués. La transdisciplinarité, quant à elle, est un aspect largement développé ces dernières années, en raison du fort impact de l'accès à l'information via internet et de son intégration dans la vie quotidienne. Les crises sanitaires récentes ont accéléré l'utilisation des espaces en ligne pour la performance et la composition collaborative. En conséquence, la réflexion s'est déplacée de la composition d'espaces matériels vers la considération des espaces sonores, des interfaces, des musiciens et des instruments, immatériels, sur le web. L'évolution ne suit pas forcément une trajectoire linéaire, puisque les éléments sont revisités périodiquement, sous un angle différent et dans des contextes distincts. À cet égard, Roig Francoli apporte un éclairage pertinent en ce qui concerne la composition musicale :

The linear conception of progress that has been adopted by some historians and composers proposes that only fully original and new art is truly legitimate at a certain historical moment, and that novelty is a sign of progress in the same way as attachment to old styles and forms is a sign of non-progressive conservatism⁹⁹.

Dans le domaine artistique, il est possible d'envisager une nouvelle perspective sur des aspects préalablement explorés. La perception de la réalité ne doit pas se restreindre à l'innovation des moyens d'expression, mais plutôt à la proposition d'une vision renouvelée du monde, spécifique au regard artistique. En effet, l'artiste contemporain est confronté à une tâche cruciale : établir un lien entre intuition et travail intellectuel. Peu importe si le résultat semble nouveau ou ancien, car l'art vise la profondeur et non la nouveauté, contrairement à ce que l'on

⁹⁹ («La conception linéaire du progrès adoptée par certains historiens et compositeurs propose que seul un art entièrement original et nouveau soit véritablement légitime à un moment historique donné, et que la nouveauté soit un signe de progrès au même titre que l'attachement à des styles et formes anciens est un signe de conservatisme non progressif») [Traduction personnelle]
ROIG-FRANCOLI, M. A. (2008). *Understanding Post-Tonal Music* (p. 361). McGraw-Hill Education. ISBN 978-0-07-293624-7.

attend des journaux¹⁰⁰. Ainsi que l'affirmait Verdi à la fin du XIX^e siècle, retourner aux sources peut représenter un véritable progrès, une idée qui demeure pertinente aujourd'hui. Cette réflexion offre également l'opportunité de revisiter l'œuvre de certains compositeurs du XX^e siècle, tels que Copland, Britten, Prokofiev, Chostakovich, Barber, Bernstein, Diamond et Corigliano. Bien que leur apport ne soit pas fondamentalement novateur, ils méritent davantage de reconnaissance dans le domaine de la composition pour leur contribution au répertoire musical¹⁰¹.

Le XX^e siècle a été une période de grande prolifération en termes de styles et de techniques de composition musicale. À tel point qu'il est difficile de déterminer des caractéristiques communes entre les différentes tendances. Nous pouvons trouver certains compositeurs au début du XX^e siècle, tels que Debussy ou Stravinsky, qui travaillaient encore avec des systèmes de notes basés sur la polarité des notes en fonction d'un centre harmonique fluctuant, que ce soit dans le cas de l'utilisation de modes, de tons, de polymodes ou de polytons, d'échelles synthétiques, de polyorchestres, ou de toutes ces combinaisons successivement. D'autres ont décidé d'utiliser des systèmes microtonaux pour rechercher d'autres couleurs harmoniques, comme Alois Haba ou Julian Carrillo. Certains ont décidé de créer des échelles symétriques ou équidistantes pour éviter la prépondérance d'une note centrale. C'est le cas de Bartok, ou le cas des compositeurs de la deuxième école de Vienne (Schoenberg, Berg, Webern) avec leurs gammes dodécaphoniques. De cette ligne émerge également le sérialisme, qui cherche dans la série et ses dérivations une sorte de structure distincte pour organiser les sons et par conséquent la forme musicale. Parmi eux, Babbitt, Nono, Boulez... De ce mélange entre les impressionnistes du début du siècle et la super-structuration du langage musical, des styles originaux apparaissent, comme celui d'Oliver Messiaen, qui construisait ses propres matériaux et méthodes coloristes, pleins de symbolisme, avec une forte structuration. La complexification et l'hyperdétermination du langage musical ont été suivies d'une simplification, un phénomène récurrent dans l'histoire de la musique occidentale. Ce mouvement se caractérise par l'indétermination de certains paramètres musicaux, l'élaboration de textures et de continuums. Cage et Ligeti sont des figures emblématiques de ces tendances. De l'héritage du passé, des courants postmodernes voient le jour, illustrés notamment par l'œuvre *Sinfonia* (1968) de Luciano Berio. De cette redécouverte émerge également un style

¹⁰⁰ LUKOMSKY, V., & GUBAIDULINA, S. (1998). *Sofia Gubaidulina : « My Desire Is Always to Rebel, to Swim against the Stream! »* Perspectives of New Music, 36(1), p. 5-41. <https://doi.org/10.2307/833574> . In: ROIG-FRANCOLÍ, M. A. (2008). *Understanding Post-Tonal Music, Op. cit.*, p. 361.

¹⁰¹ ROIG-FRANCOLÍ, M. A. (2008). *Understanding Post-Tonal Music. Op. cit.*, p. 360-361.

combinant les sonorités de la musique tonale à la conception de processus et de masses sonores, donnant naissance au minimalisme. Des compositeurs tels que Reich, Andriessen, Glass, Riley et, dans une certaine mesure, Arvo Pärt (avec sa technique d'écriture *Tintinnabuli*) sont représentatifs de ce courant.

Une autre ligne de développement qui s'ouvre à partir de l'incorporation de technologies pour analyser et produire le son au milieu du XX^e siècle est l'émergence de la musique concrète et de la musique électroacoustique, dont Pierre Schaeffer et Stockhausen se distinguent parmi d'autres. Ensuite, il est apparu un style musical qui intègre l'utilisation du bruit dans l'écriture musicale pour les instruments acoustiques grâce à des techniques étendues. Helmut Lachenman peut être placé dans cette lignée. Il est aussi apparu un style caractérisé par l'utilisation de sonagrammes comme modèles pour créer un continuum de textures de reconstruction et de déconstruction de ces réalités acoustiques, style qui sera appelé, le spectralisme, avec comme représentants, Grisey et Murail. Avec le développement de la musique assistée par ordinateur, des styles mixtes apparaissent, qui intègrent des parties électroacoustiques à l'écriture acoustique sous forme de bande sonore, ou sous forme d'électronique en direct, par le biais d'un traitement sonore ou uniquement d'une synthèse générée en temps réel de la performance. L'utilisation de la spatialisation se développe également à travers le progrès des équipements de diffusion, la création d'œuvres architecturales et sonores, la création d'installations interactives, d'écosystèmes et de paysages sonores, une sorte de combinaison de continuums sonores, mêlés aux capacités apportées par les systèmes électroniques à la fin du XX^e siècle. Les œuvres transdisciplinaires se développent de plus en plus à partir des années 1960, notamment avec le mouvement Fluxus, l'incorporation de l'improvisation dans les processus de création, liée à l'aléatoire dans la composition musicale et à la musique ouverte.

Le XXI^e siècle vient récupérer et combiner de différentes manières tous ces éléments ainsi que ce qui a été développé au cours des siècles précédents dans un autre contexte, avec un autre vécu du temps, et avec des outils différents. Makis Solomos considère qu'entre le XX^e et le XXI^e siècle, nous sommes passés d'une musique basée sur le ton à une musique basée sur le son. Il décrit ce processus d'émergence en six processus distincts :

- 1) Le timbre comme élément constitutif de la composition musicale.
- 2) L'utilisation du bruit dans la composition musicale.
- 3) L'élargissement de l'écoute et l'élargissement du champ sonologique que constitue une composition musicale.

- 4) L'immersion dans le son.
- 5) La composition du son en tant que continuums, textures et processus.
- 6) La composition de l'espace sonore par la spatialisation, les installations sonores, les paysages et les écosystèmes sonores.¹⁰²

Nous constatons que les évolutions s'accélèrent aujourd'hui et que, si la modalité et la tonalité ont dominé la majeure partie de l'histoire de la musique savante, le XX^e siècle voit s'élargir le spectre sonore, intégrant d'autres systèmes microtonaux ainsi que d'autres catégories de sons tels que les bruits. De nouvelles façons d'interagir avec l'environnement et de percevoir la réalité émergent des nouvelles technologies, de sorte que notre façon de créer va également changer. Tout comme la façon dont nous vivons le temps, ce que Grisey a observé avec acuité :

J'aurais tendance à diviser la musique, très grossièrement, en deux catégories. La première est la musique qui suppose la déclamation, la rhétorique, le langage. Une musique du discours. Berio et Boulez sont dans cette catégorie – tout comme Schönberg et Berg ont une manière de dire les choses avec des sons. La seconde est la musique qui est plus un état du son qu'un discours. C'est la différence entre Monteverdi, qui la plupart du temps dit des choses, et la musique d'Ockeghem qui dit « Ainsi est le monde ». Dans cette catégorie vous pouvez mettre Xenakis, par exemple. Vous pouvez mettre une grande partie de Stockhausen – bien qu'il appartienne très souvent aux deux. Et j'appartiens aussi à cette catégorie¹⁰³.

Les deux manières de vivre le temps d'une création musicale convergent au niveau de l'auditeur, en nous-mêmes, qui faisons également l'expérience de ces deux temporalités différentes dans notre perception de la réalité quotidienne, que ce soit dans nos états contemplatifs, méditatifs et transcendants ou dans le déroulement de l'état des circonstances dans notre existence linéaire. Par conséquent, comme pour notre perception, il faut s'attendre à ce que nous continuions à créer des récits multi-temporels et multi-spatiaux en fonction des dimensions que nous percevons dans la réalité.

¹⁰² SOLOMOS, M. (2013). *De la musique au son. L'émergence du son dans la musique des XX^e-XXI^e siècles* (p. 3-11). Presses universitaires de Rennes. <https://hal.science/hal-00769893>

¹⁰³ GRISEY, G. (2008). *Ecrits ou l'invention de la musique spectrale* (p. 273). MF. Collection Repercussions. Édition établie par Guy Lelong avec la collaboration d'Anne Marie Réby.

1.5. Le système de communication d'une œuvre artistique au XXI^e siècle

L'une des conséquences de la génération rhizomatique de connaissances et de pratiques dans la sphère artistique entre les XX^e et le XXI^e siècles est la multiplicité des formes qu'acquiert chacun des éléments du système de communication qui s'établit entre l'artiste et le public. En reprenant le schéma de la situation de communication de Riley et Riley, nous pouvons spécifier comme ses composants : un contexte de communication, dans lequel un émetteur transmet un message, avec un code, et à travers un canal/média à un récepteur. La communication est médiatisée par des bruits éventuels qui interviennent potentiellement dans les deux sens de la communication. Un retour/rétroaction ou *feedback* introduit par Wiener¹⁰⁴, s'instaure du récepteur vers l'émetteur et vice-versa, ce qui actualisera la situation communicative. La rétroaction « permet de comprendre comment la réaction du destinataire va influencer le comportement de la source du message, cette dernière adaptant et ajustant sa communication à ce feed-back »¹⁰⁵

En appliquant ce schéma à la situation de la composition musicale aujourd'hui, nous pouvons en principe interpeller l'élément « contexte » dans le système de communication. Celui-ci peut être d'ordre réel, ou médiatisé dans un environnement numérique, il peut contextualiser l'œuvre ou être l'œuvre elle-même. « *The medium is the message* » disait McLuhan déjà dans les années 60¹⁰⁶.

Selon lui, l'évolution des médias, c'est-à-dire des "technologies de diffusion et de transmission", modifie les capacités sensorielles et intellectuelles de l'être humain, ce qui entraîne des changements dans son environnement. On peut ainsi déterminer « trois grands âges médiatiques ».

(...) l'apparition successive des médias, au sens général de technologies de diffusion et de transmission, engendre des modifications du dispositif sensoriel et intellectuel de l'homme, elles-mêmes à l'origine des changements complets que celui-ci opère dans son environnement.¹⁰⁷

¹⁰⁴ PICARD, D. (1992). *De la communication à l'interaction : L'évolution des modèles*. Communication & Langages, 93(1), p. 70-72 <https://doi.org/10.3406/colan.1992.2380>

¹⁰⁵ MALAVAL, P. ET DECAUDIN, J-M. (2012). *Pentacom* (p. 5). Pearson Education France. ISBN 978-2-7440-7584-1.

¹⁰⁶ (« Le support est le message ») [Traduction personnelle]
MCLUHAN, Marshall, 2013. *Understanding Media. The Extensions of Man* (p. 12-13). Gingko Press. California. <https://www.scribd.com/book/352474002/Understanding-Media-The-Extensions-of-Man>

¹⁰⁷ MCLUHAN, Marshall, 2019. *La Galaxie Gutenberg, les fiches de lecture* (p. 4-7). Encyclopædia Universalis. ISBN 978-2-341-00037-6. <https://fr.scribd.com/book/445620165/La-Galaxie-Gutenberg-de-Mcluhan-Les-Fiches-de-lecture-d-Universalis>

Si à l'époque du « village tribal », la communication s'établissait par des relations directes entre les personnes dans une « culture de l'oralité » et de « l'expérience du sens auditif », à « l'ère Gutenberg », l'écriture et le sens de la vue ont dominé la communication, engendrant « individualisme et décollectivisation », et puis à « galaxie Marconi », l'ère actuelle de l'électricité, qui invite le solitaire « homme-machine » de l'ère précédent à retrouver dans la communication l'aspect communautaire mais à l'échelle mondiale grâce aux moyens technologiques tels que l'ordinateur, la télévision et la radio¹⁰⁸.

Le contexte de représentation d'une composition coïncide historiquement avec les lieux de rassemblement du public. La musique sacrée était initialement destinée à être jouée dans l'église, la musique classique dans le palais des rois et des nobles, la musique du romantisme dans les salles de concert, la musique contemporaine du XX^e siècle dans les théâtres, les salles de musée, les espaces extérieurs, et la musique du XXI^e siècle inclut tous les espaces précédents, ainsi que l'un des lieux privilégiés en termes de rencontre de populations, l'Internet.

La source du message est l'objet que le compositeur veut composer et exécuter. L'émetteur peut être le compositeur lui-même, ou le compositeur et puis son interprète, ou bien le compositeur et le public comme « co-compositeur », ou tous ces derniers plus un programme informatique, un site web, un espace physique, un objet, etc. Un très grand nombre de possibilités s'ouvrent combinant ces éléments de manière rhizomatique. La notion d'auteur et de rôle du compositeur a muté depuis les débuts de la musique savante : de l'anonymat, au compositeur serviteur soumis à un mécène, en passant par l'exaltation du rôle du compositeur comme centre de l'expression musicale pendant le romantisme, jusqu'à arriver aux pratiques collaboratives et aux pièces génératives, à la dépersonnalisation ou pluralisation de l'acte compositionnel.

Le message peut revêtir diverses formes : une partition, une configuration d'éléments installés sur un site physique ou numérique, un ensemble d'instructions, une machine, une performance en boucle hébergée sur Internet... Le code contient, comme mentionné ci-dessus, une référence au son comme élément commun à toutes ces multiplicités. Il peut se présenter sous sa forme simple (différentes formes d'onde), sous la forme de différents sons complexes (sons composés de plusieurs sons simples, dans des dispositions proportionnelles ou non à un son fondamental), sous la forme de systèmes construits à partir de sons simples et complexes (un système de hiérarchies tel que le système tonal), ou sous la forme du mélange de ces variantes.

¹⁰⁸ MALAVAL, P. ET DECAUDIN, J-M. (2012). *Pentacom. Op. cit.*, p. 8.

Finalement, le récepteur peut être un groupe de personnes dans une salle de concert, ou une seule personne prête à vivre l'expérience personnalisée d'un dispositif, il peut s'agir de tous les utilisateurs potentiels de l'Internet, ou les visiteurs d'une galerie d'art... les lieux de rencontre et de partage se sont développés en fonction du contexte social, politique et économique de chaque communauté et ainsi les lieux de composition et de performance au XXI^e siècle.

1.6. La société 4.0 ; le numérique et les nouvelles technologies

L'art est une forme d'expression correspondant à une société à un moment donné et dans un contexte déterminé dans l'histoire. Nous pouvons tenter de tracer une série de relations entre les différentes manières de structurer les sociétés, parallèlement à la manière prédominante d'organiser les sons dans la musique, par exemple. « La musique en tant que production culturelle et forme symbolique participe de la vie sociale : étant du son organisé, elle exprime des aspects de l'expérience des individus en société. »¹⁰⁹

Le chant grégorien servait la liturgie catholique accompagnant les cérémonies de l'Église. Plus tard l'Ars Nova sera condamné par Jean XXII en 1322 parce que son exhaustivité était contraire à la simplicité exigée par les paroles de la liturgie¹¹⁰. L'opéra était pour les hommes du *Cinquecento*¹¹¹ un moyen d'assurer la pérennité de l'organisation des hommes. La tonalité comme système de hiérarchies avec un centre principal d'attraction, s'affirme dans un contexte de monarchies absolues, où l'art est utilisé comme un outil pour vanter le pouvoir et la splendeur d'un règne. Le développement du romantisme, avec la figure de « l'artiste-prophète »¹¹² et l'extension de la tonalité, coïncide avec le développement des démocraties. Les États totalitaires du XX^e siècle ont discipliné et restreint la création musicale locale à ce qu'ils considéraient comme représentant le caractère de leur propre nation. Ce qui coïncide avec le développement des nationalismes dans la musique classique. Le développement du

¹⁰⁹ BLACKING, J. (1980). Le sens musical (E. Blondel & M. Blondel, Trad., p. 101). Les Editions de Minuit. In DONEGANI, J.-M. (2004). *Musique et politique : Le langage musical entre expressivité et vérité*. Raisons politiques, 14(2), p. 5. <https://doi.org/10.3917/rai.014.0005>

¹¹⁰ DONEGANI, J.-M. (2004). *Musique et politique : le langage musical entre expressivité et vérité*. Dans *Raisons Politiques* 2004/2 (n°14), p. 7. <https://doi.org/10.3917/rai.014.0005>

¹¹¹ ALAZARD, F. (2022). *Art vocal, art de gouverner. La musique, le prince et la cité en Italie à la fin du XVI^e siècle*. Minerve-CESR. In FORIN, F. (2016). *Influence du politique sur la création lyrique au début du XXI^e siècle. Exemple des opéras de compositeurs aidés au titre de la commande d'État*. Consulté 14 juin 2022, à l'adresse http://tristan.u-bourgogne.fr/CGC/publications/Musique_Pouvoirs_Politiques/Florence_Forin.html

¹¹² *Ibid.*

néolibéralisme du XX^e siècle, où l'État « vidé de sa substance, pouvait être conçu comme une organisation parmi d'autres et les citoyens, comme des individus qui, en général, n'ont pas besoin de se préoccuper d'autre chose que de leurs propres objectifs concrets¹¹³ », coïncide avec le développement de multiples individualités en termes de langages musicaux, de styles, de techniques de composition. Aujourd'hui, dans le contexte de la quatrième révolution industrielle, marquée par la numérisation et l'interconnectivité (conséquence aussi des télécommunications), de nouvelles catégories de langages et de formes musicales, d'espaces créatifs et de systèmes de communication apparaissent.

Pourtant, la portée de la Quatrième Révolution Industrielle va bien au-delà des systèmes et des machines intelligentes et connectées. On assiste à plusieurs vagues d'innovations simultanées dans toutes sortes de domaines, du séquençage génétique aux nanotechnologies, des énergies renouvelables à l'informatique quantique. C'est la fusion des technologies et leur interaction simultanée dans le monde physique, numérique et biologique qui constitue l'originalité de cette Quatrième Révolution Industrielle.¹¹⁴

La multiplication des innovations technologiques simultanées et l'accès facile aux nouvelles connaissances grâce à l'Internet facilitent leur incorporation dans différentes disciplines et favorisent l'imbrication des savoirs et des pratiques. Les frontières entre ceux-ci se transforment en espaces contigus où l'identification de l'un à l'autre est un interstice où l'on peut reconnaître des éléments d'un champ ou d'un autre mais dont il serait difficile de séparer les parties. Nous pouvons imaginer certaines de ces créations comme le résultat d'un processus de "transfert de style neuronal", où le style d'une première source et le contenu d'une seconde source sont extraits, générant un nouveau résultat qui combine le style de la première et le contenu de la seconde. Un environnement entremêlé de composants numériques et contrôlés par l'IA, créant un espace à la frontière des réalités¹¹⁵, où s'activent des effets de lumière, des projections, une rave party musicale, une vidéo *Youtube* contenant une performance générative d'un avatar virtuel¹¹⁶, un espace de jeu vidéo où se déroule un concert de musique¹¹⁷, une salle

¹¹³ HAYEK, F. A. (1979). *Droit législation et liberté*, vol. 3, *L'ordre politique d'un peuple libre* (1983), Puf, p. 167 et p. 147. In SALMON, A. (2015). *Néolibéralisme, nouveau management et plaisir*. Connexions, 2015/1 (n°103), p. 23. <https://doi.org/10.3917/cnx.103.0021>

¹¹⁴ Schwab, Klaus (2016). *La Quatrième Révolution Industrielle*. World Economic Forum, Cologny, Switzerland. Traduction française par Dunod, Malakoff, 2017. P. 25-26 Consulté 14 juin 2022, à l'adresse <https://fr.scribd.com/document/502566819/La-Quatrieme-Re-volution-Industrielle-Klaus-Schwab>

¹¹⁵ SCHUBERT A. (2021) *Asterism*. Consulté 1 septembre 2022, à l'adresse : <https://www.alexanderschubert.net/works/Asterism.php>

¹¹⁶ SCHUBERT A. (2022) *AV3RY: LIVE-STREAM*. Consulté 1 septembre 2022, à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=NJyi5INRCek>

¹¹⁷ *Travis Scott and Fortnite Present: Astronomical (Full Event Video)*, 2020. Consulté 1 septembre 2022, à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=wYeFAIVC8qU>

de concert où un compositeur/interprète écrit du code pour synthétiser de la musique¹¹⁸, une page *web* qui devient une composition interactive¹¹⁹.

Mon travail de doctorat se développe dans ce cadre, où l'émergence de nouvelles catégories à partir des processus créatifs développés dans ce contexte interroge ces interstices et donne lieu à de nouvelles pistes d'exploration et de théorisation dans le domaine de la recherche en création. L'ordinateur moderne fonctionne comme un "méta-médium" qui réunit l'art et la science, ainsi que tous les médias (texte, son, vidéo, image) dans une interface unique, donnant lieu à différentes variantes de ce que Wagner, les artistes du Bauhaus ou Fluxus auraient imaginé comme des versions du *Gesamtkunstwerk*. De l'homme qui allume le feu pour la première fois au XR, il existe une longue histoire de recherche, dans laquelle l'être humain interagit avec sa réalité interne et externe, observe, expérimente, pour composer en immersion dans l'acte créatif de l'Être. Comme l'affirme Deleuze, la différence et ses états libres ou sauvages, est le signe qui nous pose un problème, c'est ce qui « nous oblige à penser ¹²⁰ ». Si la différence est elle-même une répétition, où un premier concept pose le problème et la seconde tente de le résoudre, « toute philosophie particulière commence déjà dans la philosophie, au milieu de la philosophie¹²¹ ». Nous revenons sans cesse au centre de l'Être avec ses multiples perceptions et créations de l'esprit.

¹¹⁸ MAGNUSSON, T. (2011). *Algorithms as Scores: Coding Live Music*. Leonardo Music Journal. Vol. 21, p. 19-23. DOI [10.1162/LMJ_a_00056](https://doi.org/10.1162/LMJ_a_00056).

¹¹⁹ *Unburn It*. Consulté 1 septembre 2022, à l'adresse : <https://unburn.it>

¹²⁰ CHERNIAVSKY, A. (2015). *Au début il y avait le milieu. Le problème du commencement de la philosophie dans Différence et Répétition*. Les Études philosophiques. Vol. 112, n° 1, p. 136. https://doi.org/10.1162/LMJ_a_00056

¹²¹ *Ibid.* p. 138-139

Chapitre 2 – L'ère post-numérique

01001100 11101001 11100011 10000011 11101001 01110010 01100101 00100000 01110000 01101111
01110011 01110100 00101101 01101110 01110101 01101101 11000011 10101001 01110010 01101001
01110001 01110101 01100101

L'ère post-numérique ne désigne pas une ère dans laquelle le numérique serait laissé derrière nous, mais plutôt une période où le numérique s'est tellement généralisé qu'il s'est désormais installé dans tout ce qui fait notre quotidien. Ce n'est plus une nouveauté, mais le lieu commun accepté, la norme. Ce moment, que nous sommes en train de traverser, appelle à une accélération de la transformation des institutions, dans un contexte technologiquement avancé, où il est essentiel de développer des stratégies éducatives qui préparent les nouvelles générations à faire face à cette évolution. Le post-numérique implique une immersion dans les technologies englobées dans l'acronyme « DARQ » (*Distributed Ledger Technologies, Artificial Intelligence, Extended Reality* et *Quantum Computing*)¹²², ainsi que le développement d'une nouvelle palette d'outils analytiques permettant d'entrevoir et de construire avec elles un avenir durable.

Dans le domaine de l'art, les exigences techniques imposées aux artistes du XXI^e siècle sont peut-être plus rigoureuses que jamais. Ils récupèrent des informations et des outils sur le Net, élaborent leurs idées à partir de ces informations et créent des œuvres qui sont ensuite publiées sur l'Internet pour que d'autres artistes puissent explorer les idées contenues dans leurs œuvres, créant ainsi une sorte de boucle de feedback culturelle¹²³. Il y a tellement d'informations comme des mises à jour à un rythme toujours plus rapide qu'il devient impératif d'utiliser des outils technologiques pour faire face à cette réalité toujours nouvelle, changeante, toujours en évolution constante.

L'art réalisé à l'aide de dispositifs technologiques numériques a commencé à constituer le centre de l'expérience des médias en ces deux premières décennies du XXI^e siècle¹²⁴. Si à un moment donné au siècle des Lumières, avec le renouveau du classicisme gréco-romain, une division a été créée entre les sept arts libéraux (grammaire, dialectique, rhétorique,

¹²² POMPELLA, M. et MATOUSEK, R. (2021). *The Palgrave Handbook of FinTech and Blockchain* (p. 478). Springer Nature. ISBN 978-3-030-66433-6.

¹²³ CASONE, K. (2000). *The Aesthetics of Failure: « Post-Digital » Tendencies in Contemporary Computer Music*. Computer Music Journal. Vol. 24, n° 4, p. 107.

¹²⁴ APPRICH, C. (2013). *Remaking Media Practices: From Tactical Media to Post-Media*. In C. APPRICH, J. BERRY SLATER, A. ILES, & O. LERONE SCHULTZ (Eds.), *Provocative alloys: a post-media anthology* (p. 133–136). Mute. <https://www.metamute.org/sites/www.metamute.org/files/u1/a-post-media-anthology-mute-books-9781906496944-web-fullbook.pdf>

arithmétique, géométrie, théorie musicale et astronomie) et les arts mécaniques (architecture, peinture, sculpture et agriculture), c'est-à-dire, la division bien connue entre la cognition, la connaissance (esprit) et l'habileté, l'artisanat (corps), elle disparaît dans le passage à la « condition post-média », où l'informatisation et la numérisation prennent le dessus sur ces distinctions¹²⁵.

En musique, de nouvelles esthétiques sont apparues, résultant de l'expérience immersive du travail dans des environnements imprégnés de technologie numérique : le rugissement des ventilateurs des ordinateurs, les imprimantes laser produisant des documents, la sonorisation des interfaces utilisateur et le bruit des disques durs¹²⁶. Le « silence » de John Cage (dans 4'33'') avait été rempli par de nombreux nouveaux sons. Les outils eux-mêmes sont devenus des instruments de musique. De l'utilisation de ces matériaux est par exemple né le style musical *glitch*, basé sur la création de musique à partir de toutes ces erreurs numériques produisant du son. Dans l'océan numérique, les artistes explorent des concepts, des outils, des logiciels, de nouveaux territoires à la recherche de contenus, capturant et examinant d'autres zones au-delà de la limite des fonctions primaires et disant, « normales », utilisant ce qui constituait autrefois le « fond », pour créer leur langage de base. La réalité entière est numérisée, discrétisée, convertie en données dans la société de l'information. En conséquence nous devons affronter l'interaction avec des grandes quantités de données, la gestion du stockage, et le développement des intelligences artificielles ainsi que l'automatisation de tâches en vue de gérer ces défis.

Tools now aid composers in the deconstruction of digital files: exploring the sonic possibilities of a Photoshop file that displays an image of a flower, trawling word processing documents in search of coherent bytes of sound, using noise-reduction software to analyze and process audio in ways that the software designer never intended. Any selection of algorithms can be interfaced to pass data back and forth, mapping effortlessly from one dimension into another. In this way, all data can become fodder for sonic experimentation¹²⁷.

¹²⁵ JAGODZINSKI, J. (2021). *A Meditation on the Post-digital and Post-internet Condition: Screen Culture, Digitalization, and Networked Art*. In : TAVIN, K., KOLB, G. et TERVO, J. (éd.), *Post-Digital, Post-Internet Art and Education: The Future is All-Over*. Cham: Springer International Publishing. p. 61-62. Palgrave Studies in Educational Futures. ISBN 978-3-030-73770-2. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73770-2_4

¹²⁶ CASCONE, K. (2000). *The Aesthetics of Failure: « Post-Digital » Tendencies in Contemporary Computer Music*. Computer Music Journal. Vol. 24, n° 4, p. 12-13. <https://doi.org/10.1162/014892600559489>

¹²⁷ (« Des outils aident aujourd'hui les ordinateurs à déconstruire les fichiers numériques : explorer les possibilités sonores d'un fichier Photoshop qui affiche l'image d'une fleur, parcourir des documents de traitement de texte à la recherche de bytes de son cohérents, utiliser un logiciel de réduction du bruit pour analyser et traiter l'audio d'une manière que le concepteur du logiciel n'avait jamais prévue. Il est possible d'interfacer n'importe quel choix

2.1. L'art post-numérique

Dans le domaine artistique, ce processus de généralisation du numérique, ouvre une infinité de nouveaux outils, d'idées, d'inspirations. La réalité est un modèle qui est ensuite reconstruit et déconstruit au moyen d'un double numérique. En même temps, des réalités simultanées sont créées avec ce nouveau langage, ainsi que des combinaisons entre l'analogique et le numérique. De nouveaux médias apparaissent comme une manifestation de ce nouveau paradigme. Il s'agit d'un large spectre de formats et de dispositifs, notamment les animations réalisées par ordinateur, les interfaces homme-machine, les sites web, les mondes virtuels, les installations informatiques, les jeux sur ordinateur, etc.¹²⁸.

Alexander Schubert reprend une description faite par Paul Christian sur les caractéristiques et les formes des nouveaux médias. Ces caractéristiques sont les suivantes :

- informatisables : déterminés par des méthodes numériques et mathématiques (divisibles en petites unités).
- basés sur le temps : nécessitant une période de visionnement (comme une vidéo, un spectacle)
- non linéaires : assemblage (avec ou sans interaction) de nouvelles configurations par le biais d'une esthétique recombinante.
- en temps réel : basés sur des processus de communication instantanés ou construits en direct.
- algorithmiques : nécessitant des connaissances en programmation.
- génératives : capables de s'autoproduire.
- automatisés : de nouveaux équilibres entre l'intervention de l'auteur et la programmabilité.
- interactifs : nécessitent une compréhension de la réponse en tant que moyen d'expression.¹²⁹

Et les nouveaux médias du post-numérique créent de nouvelles formes comme les installations en réseau, le *Net art*, l'art logiciel, la réalité virtuelle/mixte/augmentée. Dans le domaine de cette nouvelle esthétique, Christiane Paul décrit une généalogie qui comprend :

- L'esthétique du *glitch* et les artefacts corrompus.

d'algorithmes pour faire passer les données d'un côté à l'autre, en passant sans effort d'une dimension à l'autre. De cette manière, toutes les données peuvent devenir un terrain d'expérimentation sonore. ») [Traduction libre]. CASCONI, K. (2000). *The Aesthetics of Failure: « Post-Digital » Tendencies in Contemporary Computer Music*. *Op. cit.*, p. 16-17.

¹²⁸ SCHUBERT, A. (2021). *Switching worlds* (p. 21). Hofheim am Taunus : Wolke Verlag. ISBN 978-3-95593-110-
https://www.wolke-verlag.de/wp-content/uploads/2021/01/Schubert_SwitchingWorlds_englisch.pdf

¹²⁹ CHRISTIANE, P. (2017). *Genealogies of The New Aesthetic*. Prezi.com. In SCHUBERT, A. (2021). *Switching worlds Op. cit.*, p. 22.

- L'esthétique de la machine vision, la reconnaissance visuelle par des logiciels ainsi que l'imagerie par drone
- La visualisation d'informations, l'art génératif et algorithmique.
- L'architecture paramétrique
- L'internet des objets.¹³⁰

Comme généalogie théorique, elle cite Freud et son « *Uncanny* » de 1919, selon lequel nous nous reconnaissons nous même dans les images de la « Nouvelle esthétique » (« *New Aesthetics* »), mais aussi dans quelque chose d'autre que nous-mêmes plus complexe et enchevêtré. Elle signale le développement des théories de l'interface homme/machine, la notion de société du spectacle et la phénoménologie/ontologie selon laquelle les choses ont une fonctionnalité autre que la fonctionnalité immédiate¹³¹. L'interaction avec ce milieu numérisé produit des changements dans notre perception et dans notre comportement, nos interactions et nos pratiques culturelles. Notre perception d'un objet analogique est modifiée par la perception de sa représentation numérique. Les deux perspectives s'imprègnent l'une l'autre, de sorte que les médias, les objets et les œuvres d'art analogiques façonnent de manière significative leurs homologues numériques et vice-versa¹³².

2.2. Le potentiel d'une numérisation omniprésente ; entre réel et alter-ego virtuel

Les données peuvent devenir du son, et le son peut devenir des données. Le tout est réduit à une quantité minimale d'informations. En démarrant par les fondements du numérique, nous nous situons dans un processus qu'implique le mapping entre deux systèmes différents : la transformation de méthodes analogiques et d'objets physiques en systèmes numériques. Les données continues d'une gamme de valeurs sont discrétisées et quantifiées, puis transférées vers un système de représentation. Cette gamme de valeurs résultante peut être binaire, mais peut également utiliser toute autre subdivision du spectre analogique¹³³.

¹³⁰ CHRISTIANE, P. (2017). *Genealogies of The New Aesthetic*. Prezi.com. In SCHUBERT, A. (2021). *Switching worlds Op. cit.*, p. 23.

¹³¹ *Ibid.*

¹³² SCHUBERT, A. (2021). *Switching worlds. Op. cit.* P. 105-107.

¹³³ *Ibid.* p. 19.

En 1938, Antonin Artaud publie « *Le théâtre et son double* », dans lequel il expose une idée du « double » du théâtre, une idée d'origine sacrée et transcendante, selon laquelle le théâtre a une manifestation immédiate et un double, qui est son véritable et magique soi, une sorte de totem qui garde en lui certains pouvoirs dans son ombre. Le terme "réalité virtuelle" est introduit en premier lieu par cet auteur faisant allusion à ce double dans le cadre d'une poésie scénique et d'une composition spatiale riche en couleurs¹³⁴.

Steve Dixon suggère que l'idée du double est également omniprésente dans la performance numérique et qu'elle est liée à l'idée de l'ombre du *Doppelgänger*, ce qui pour Freud serait le *Uncanny* et l'identité subconscient, et pour Lacan, le concept de la « scène miroir » et du « corps morcelé ». Analysant différentes manifestations dans le domaine de la performance numérique, Dixon distingue quatre types de catégories de « double numérique »:

-Le double comme reflet :

Concerne les œuvres qui utilisent l'idée du reflet du miroir comme principe. Il cite à titre d'exemple la performance d'art vidéo *Left Side, Right Side* (1974) de Joan Jonas¹³⁵, qui joue avec un système de miroirs et la confusion de la perception en fonction de la perspective de vue, *Videoplace* (1989) de Myron Krueger¹³⁶, *Recollections I-IV* (1981-1997) d'Ed Tannenbaum¹³⁷ et *Mandala* (1986) de Very Vivid¹³⁸, qui transforment l'idée de reflet en un dialogue entre le soi et le monde extérieur.

Steve Dixon donne un autre exemple dans lequel le spectateur est mis dans le rôle de Narcisse, l'obligeant à regarder son propre reflet comme dans l'eau, mais dans une version numérique¹³⁹. Dans l'installation interactive *Liquid Views* (1992-1993) de Monika Fleischman, Wolfgang Strauss et Christian-A. Bohn¹⁴⁰, l'utilisateur devient le protagoniste de l'installation puisque son double numérique apparaît projeté sur un mur en réaction à ses propres interactions

¹³⁴ («une virtualité dont son double a produit cette intense poésie scénique, ce langage spatial aux multiples couleurs») [Traduction libre].

DIXON, S. (2015). *Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation* (p. 241-243). MIT Press. ISBN 978-0-262-52752-1.

¹³⁵ Joan Jonas - *Leftside rightside* Consulté 5 septembre 2022, à l'adresse

<https://www.youtube.com/watch?v=9UaRe6q7M4k>

¹³⁶ Myron Krueger - *Video lugar* – 1989 Consulté 5 septembre 2022, à l'adresse

<https://www.youtube.com/watch?v=dqZyZrN3PI0>

¹³⁷ *PlayArt by Ed Tannenbaum (Recollections 1)* Consulté 5 septembre 2022, à l'adresse

<https://www.youtube.com/watch?v=y3nwMOY0eWQ&t=1s>

¹³⁸ *Way Before Eyetoy & Kinect, Amiga had Mandala*. Consulté 5 septembre 2022, à l'adresse

https://www.youtube.com/watch?v=_Y3uyTCIAHA

¹³⁹ *Ibid.* p. 243-245.

¹⁴⁰ *Liquid Views - Narcissus' Mirror (1992-93) by Monika Fleischmann & Wolfgang Strauss*. Consulté 5 septembre 2022, à l'adresse VisWiz GMD/KHM <https://www.youtube.com/watch?v=bjq13wyjhA8&t=4s>

s'affichant aux autres visiteurs de l'installation. « *Human vanity is replaced by the new technological vanity: our faith in the transformational power of computer technology-the power of the virtual over the real* »¹⁴¹. Nous regardons maintenant notre « moi » en version numérique.

Il cite également l'exemple de *Plasma/architecture* (1994), une installation d'Anna Saup qui transforme le visiteur en un modèle de plasma 3D, qui prend ensuite sa propre vie, interagissant avec le visiteur par le biais d'un langage créé par l'intelligence artificielle et d'une voix modélisée à partir d'enregistrements de visiteurs précédents¹⁴². Nous trouvons également l'interaction entre le sujet et une version numérisée de lui-même.

- Le double comme alter-ego :

Cette catégorie de double concerne la représentation numérique des personnalités multiples et sous-jacentes du sujet. Elle est la version sombre du « *Doppengänger* », la conscience divisée et schizophrène de soi-même. Dixon cite comme exemple de double alter ego, la performance théâtrale 4D *Anima* (2002) de la compagnie Lemieux Pilon 4D art¹⁴³, dans laquelle des interprètes en direct et des écrans semi-mirrorés sont combinés pour donner l'illusion de doubles multidimensionnels. Le danseur interagit avec sa projection qui se rejoint et se dédouble, générant différents effets visuels.

Un autre exemple concerne les œuvres réalisées par « *The Chameleons Group* », une compagnie de performance créée en 1994 et dirigée par Steve Dixon, dans laquelle l'idée d'une interaction entre les interprètes sur scène et leurs alter-egos numériques, projetés sur la scène de manière à confondre le réel et le numérique, est largement travaillée¹⁴⁴. Un exemple de ce processus est la pièce *Chameleons 4 : The Doors of Serenity* (2002)¹⁴⁵.

¹⁴¹ (« La vanité humaine est remplacée par la nouvelle vanité technologique : notre foi dans le pouvoir de transformation de la technologie informatique - le pouvoir du virtuel sur le réel ») [Traduction personnelle]
DIXON, S. (2015). *Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation*. Op. cit. p. 246.

¹⁴² *Ibid.* p. 248-249.

¹⁴³ *Anima 2002*, Consulté 6 septembre 2022, à l'adresse <https://4dart.com/fr/creation/2002/anima/>

¹⁴⁴ DIXON, S. (2015). *Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation*. Op. cit. p. 251-268.

¹⁴⁵ *Chameleons 4 The Doors of Serenity Trailer*. Consulté 6 septembre 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=zvP4xky5Ar0>

- Le double comme émanation spirituelle :

Il s'agit de la version numérique d'un double dans lequel le sujet est représenté dans sa forme transcendante d'être. Ce corps évoque des concepts tels que les fantômes, les expériences hors du corps et les projections de l'âme. À titre d'exemple, il mentionne *Incarinate* (2001), une performance de danse-théâtre de la « *The Melbourne-based Company in Space* » (Hellen Sky and John McCormick) dans laquelle la projection d'un corps de femme est remplie de points de lumière qui se déplacent activement, se dilatant et se contractant, puis se désintégrant et se régénérant, comme dans une sorte de nébuleuse de particules. La métamorphose du corps est représentée dans une vision métaphysique.¹⁴⁶

Un autre exemple présenté est l'œuvre *Viking Shoppers* (2000) du collectif *Igloo*¹⁴⁷. Les danseurs y interagissent avec leurs doubles numériques, traités sous forme d'images et de code informatique, acquérant, selon le type de représentation et de processus, un symbolisme différent. Leurs doubles traversent également des processus de dématérialisation et de reconstruction, faisant allusion à leur condition matérielle et éphémère. « *The doubles are like etheric phantoms composed of particles of cybernetic dust*¹⁴⁸ ».

- Le double en tant que mannequin manipulable :

C'est le cas le plus courant du double, qui fonctionne comme un modèle conceptuel, comme un corps de remplacement, et comme le corps d'un être synthétique, artificiel. Ceci correspond à la notion d'Avatar. Le terme trouve son origine dans les sculptures hindoues, qui étaient considérées comme l'incarnation des divinités. Le terme sanskrit Avatara désigne le passage des dieux du ciel au monde matériel. Parmi les exemples évoqués, on peut citer :

It/I : A Computer Theater Play (1997), développé par Claudio Pinhanes dans le MIT Media Lab¹⁴⁹, est une pièce de théâtre dans laquelle, grâce à un système de caméras, l'avatar répond à l'acteur sur scène en se joignant à lui ou en s'opposant à lui, ou en lui posant des problèmes, comme dans le processus créatif du théâtre.

¹⁴⁶ DIXON, S. (2015). *Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation*. Op. cit. p. 254-268.

¹⁴⁷ *Viking Shoppers, 1999-2001*. Consulté 6 septembre 2022, à l'adresse <https://vimeo.com/62559294>

¹⁴⁸ (« Les doubles sont comme des fantômes éthérés composés de particules de poussière cybernétique »)

DIXON, S. (2015). *Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation*. Op. cit. 255-256.

¹⁴⁹ *Interactive Theater - "It/I" - MIT Media Lab 1997*, Consulté 6 septembre 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=RGxf0DzDaT8>

La version de la *Tempête* (2000) de David Zucker Saltz est une mise en scène de la pièce de Shakespeare, dans laquelle le personnage d'Ariel est représenté par un avatar sur écran, manipulé en temps réel par un acteur sur scène qui contient des électrodes dans son corps.

Prosthetic Head (2002) de Stelarc¹⁵⁰ est une image mobile en 3D de la tête de l'artiste qui répond à des questions des spectateurs en temps réel.

Skeletal Reflections (2002) est une installation de Chico MacMurtrie¹⁵¹ qui utilise des systèmes de capture de mouvements pour analyser les gestes des spectateurs et, après analyse, un robot humanoïde modifie ses poses en conséquence.

Don Ihde en 2002 distingue dans cette incarnation dans les médias numériques, l'existence de trois types de corps, le premier notre corps physique et phénoménologique, le second socialement et culturellement construit, et le troisième de la dimension technologique, qui traverse les deux autres. Ces frontières, entre le physique et le numérique, le réel et le virtuel, s'effacent, de sorte que nous faisons partie du numérique et que le numérique fait partie de nous. En conséquence de ces changements de paradigme, émergent des courants transhumanistes qui aspirent à dépasser l'être humain par sa version amplifiée, post-humaine, qui intègre toutes les capacités du développement numérique¹⁵².

2.3. Big Data, l'univers de l'information ; le digital comme métadonnée de la réalité

En traduisant n'importe quelle donnée en bits informatiques, partageables sur des réseaux sociaux, stockables à distance avec le *cloud computing*, les nouvelles technologies de l'information et de la communication ont ouvert une nouvelle ère, celle du *big data* : la production et la gestion de « données massives » (l'équivalent français de l'expression). Par « massives », on entend de grandes quantités d'informations (exprimées en milliards d'octets), produites sur des supports variés (capteurs, téléphones, etc.), avec des outils extrêmement véloces permettant d'envisager des décisions en temps réel.¹⁵³

¹⁵⁰ Stelarc's *Prosthetic Head* (2003) (Revised 2011), Consulté 7 septembre 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=sPPI6bXubiY>

¹⁵¹ Chico MacMurtrie. *Skeletal Reflections*. Consulté le 7 septembre 2022, à l'adresse <https://www.fondation-langlois.org/html/f/page.php?NumPage=36>

¹⁵² DIXON, S. (2015). *Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation* (p. 241-243). MIT Press. ISBN 978-0-262-52752-1. *Op. cit.* p. 239-268.

¹⁵³ COMITE STRATEGIQUE INFORMATION ET COMMUNICATION STRATEGIQUE. (2015). *Livre Blanc Afnor Big Data 2015* (p. 4) | PDF | Big data | Organisation internationale de normalisation. Scribd.

<https://fr.scribd.com/document/328185688/Livre-Blanc-Afnor-Big-Data-2015>

Charles Huot, animateur du groupe de travail Big Data. Jean-François Legendre, rapporteur.

Nous assistons à la « datafication » du monde¹⁵⁴. Cette « datafication » affecte la manière dont nous communiquons, la manière dont nous travaillons, la manière dont nous vivons notre vie quotidienne. Le *Big Data* constitue un enjeu fort pour tous les acteurs économiques de la société, leur permettant de mieux maîtriser leur marché, grâce à la collecte et le traitement de données. Le terme, bien qu'apparu dans les années 1970, est entré dans l'usage courant dans les années 2000. Le terme « Big » fait référence non seulement à la quantité de données, mais aussi à la quantité de leurs interconnexions avec d'autres données. Ces données se caractérisent par les « quatre V » : volume (quantité croissante due à la numérisation), vitesse (rapidité de génération, collecte, traitement et transmission), variété (multiples types, structurées et non structurées) et véracité (fiabilité et exactitude par rapport à la réalité)¹⁵⁵.

La représentation des données, en dehors de toute finalité scientifique, sociale ou économique, est utilisée par l'art numérique pour créer à partir d'elle une nouvelle esthétique, représentative des enjeux actuels. La représentation des données s'inscrit dans une approche esthético-cognitive, à l'intersection de l'art, du monde professionnel, de la statistique et de la science. Dans le contexte artistique, les données ne sont pas présentées de manière objective, mais plutôt à travers des dispositifs esthétiques qui permettent de les interroger et de se réappropriier leur sens, en les mettant en scène de façon créative et séduisante¹⁵⁶. Grâce au *Big data*, tous les types de langages, tels que les textes, les sons, les images, etc., peuvent être codés en codes binaires et manipulés par des ordinateurs de divers niveaux de sophistication par des techniques de *data mining* qui permettent de les analyser, classifier et associer¹⁵⁷.

L'utilisation des arts pour travailler avec les big data nous permet d'aiguiser notre système de perception des patterns, ce qui nous permettra de percevoir des choses qui ne seraient pas possibles autrement, étant donné l'ampleur de la quantité de données. Les outils actuellement utilisés pour travailler avec les big data nous permettent de visualiser les paysages de données (« *datascape*s ») de manière plus originale et sophistiquée. Les artistes des données (« *data artists* ») utilisent l'art comme moyen d'enrichir ces perceptions. Le *Big data* sert également à l'industrie culturelle pour déterminer quelles sont les tendances adoptées par le goût du public, pour améliorer la relation avec lui, et pour influencer et façonner son

¹⁵⁴ SCHIUMA, G. et CARLUCCI, D., (2018). *Big Data in the Arts and Humanities: Theory and Practice* (p. 15). CRC Press. ISBN 978-1-351-17259-2.

¹⁵⁵ *Ibid.* p. 17-19.

¹⁵⁶ VEYRAT, M. (2015). *100 notions pour l'art numérique* (p. 67). Les éditions de l'Immatériel.

¹⁵⁷ SCHIUMA, G. et CARLUCCI, D., (2018). *Big Data in the Arts and Humanities: Theory and Practice*. *Op. cit.*, p. 21.

comportement. Il s'agit plutôt de l'aspect économique de l'intérêt de l'utilisation du *Big data*¹⁵⁸. Cet aspect rejoint la tendance développée depuis la fin du XX^e siècle de considérer le public comme une partie essentielle de la réalisation de l'art, conçu en tant qu'acteur actif dans la construction de l'œuvre.

2.4. L'informatique s'inspirant d'autres disciplines pour le traitement des données

Dans la vie quotidienne, l'être humain est confronté à d'énormes quantités d'informations qui dépassent ses capacités de perception. Les outils développés nous permettent d'élargir notre spectre de perception et de compréhension. L'observation de la nature permet également de s'inspirer et de trouver des idées sur la manière de traiter ces informations. Il en résulte un certain nombre de méthodes que l'on peut qualifier « d'inspirées de la biologie » (« *Biology inspired* ») en termes de processus et de techniques¹⁵⁹. Certains d'entre elles sont :

- La conception de bio-interfaces portables, dans lesquelles les informations physiologiques façonnent les interactions en fonction de l'état du corps de l'utilisateur. Ces bio-interfaces sont utilisées dans les jeux, l'art et le design.¹⁶⁰

- Simulation du flux avec des éléments vortex, qui consiste à créer des formes en faisant interagir différents éléments. Comprend des simulations informatiques réalistes de fluides des particules¹⁶¹.

- La simulation et l'optimisation par des algorithmes du comportement de différentes espèces biologiques et l'utilisation ultérieure de ces algorithmes naturels sont connues sous le nom d'algorithmes « inspirés de la nature » (« *Nature-inspired* »)¹⁶². Entre ces algorithmes, on peut distinguer ceux qui se basent sur l'intelligence collective ("*Swarm intelligence*")¹⁶³ ou le comportement intelligent des individus d'un troupeau, sur des algorithmes génétiques, sur la pollinisation des fleurs, etc.

¹⁵⁸ *Ibid.* p. 21-22.

¹⁵⁹ URSYN, A. (2012). *Biologically-Inspired Computing for the Arts: Scientific Data through Graphics: Scientific Data through Graphics*. IGI Global. ISBN 978-1-4666-0943-3.

¹⁶⁰ *Ibid.* p. 1.

¹⁶¹ *Ibid.* p. 18.

¹⁶² *Ibid.* p. 31.

¹⁶³ YANG, X-S. (éd.), 2020. *Nature-Inspired Computation and Swarm Intelligence: Algorithms, Theory and Applications* (p. 42-52). Elsevier. ISBN 978-0-12-819714-1. <https://www.scribd.com/book/455812802/Nature-Inspired-Computation-and-Swarm-Intelligence-Algorithms-Theory-and-Applications>

-Le « *NanoArt* », qui consiste à utiliser des nanomatériaux et des nanotechnologies pour créer de l'art¹⁶⁴.

- La traduction biologique est l'utilisation du code et de l'interactivité pour traduire des objets biologiques en environnements numériques générés mathématiquement¹⁶⁵.

-L'informatique « inspirée par le cerveau » (« *Brain inspired* »), ou « neuromorphique », se base sur la capacité du cerveau à réaliser toutes les fonctions de traitement et de stockage des données, d'une façon énergétiquement plus durable que les systèmes informatiques actuels. Ces méthodes mettent en œuvre des combinaisons variées d'approches telles que le traitement analogique des données, la communication asynchrone, le traitement de l'information de manière massivement parallèle ou encore la représentation de l'information « *spiking-based* »¹⁶⁶.

L'évolution simultanée des différents domaines de la science et de l'art permet de développer des croisements transdisciplinaires innovants qui aboutissent à des solutions adaptées à une réalité en constante évolution. C'est le cas de l'informatique d'inspiration quantique (« *Quantum-inspired* ») qui s'inspire des principes de la mécanique quantique et de l'informatique quantique. Elle est appliquée à la résolution de problèmes complexes et à grande échelle, avec des grandes quantités de données, et impliquant des processus à forte consommation opérationnelle.

Il existe également des techniques informatiques inspirées de l'intelligence humaine, que l'on peut considérer comme de l'informatique « d'inspiration cognitive » (« *Cognitive-inspired* »). Il s'agit d'un domaine interdisciplinaire impliquant les sciences cognitives, les neurosciences, la science des données, l'Internet des objets (IoT), le *machine learning* (ML), le *cloud computing*. Ce type d'informatique joue un rôle important dans le développement de technologies qui servent à améliorer la communication entre les personnes et les machines ainsi qu'à développer de nouveaux modèles d'interaction homme-machine.¹⁶⁷.

¹⁶⁴ URSYN, A. (2012). *Biologically-Inspired Computing for the Arts: Scientific Data through Graphics: Scientific Data through Graphics*. Op. cit., p. 125.

¹⁶⁵ *Ibid.* p. 149.

¹⁶⁶ MEHONIC, A. ET KENYON, A. J. (2022). *Brain-inspired computing needs a master plan*. Nature. Vol. 604, n° 7905, p. 255-260. DOI [10.1038/s41586-021-04362-w](https://doi.org/10.1038/s41586-021-04362-w)

¹⁶⁷ ZHU, R., LIU, L., MA, M. et LI, H. (2020). *Cognitive-inspired Computing: Advances and Novel Applications* (p. 707-708). Elsevier.

2.5. La philosophie de l'information dans l'ère actuelle

L'information sémantique est constituée de données structurées, significatives et véridiques ; la connaissance correspond à l'information sémantique pertinente prise en compte de manière adéquate ; les êtres humains sont les seuls moteurs sémantiques et organismes informationnels conscients (*inforgs*) connus dans l'univers, capables de développer une connaissance croissante de la réalité ; et la réalité représente l'intégralité de l'information. Ces affirmations de Luciano Floridi, dans le cadre de la philosophie de l'information, se réfèrent au rôle de l'information sémantique dans la conscience humaine comme faisant partie d'une réalité qui passe de l'état matériel à l'état informationnel. La philosophie de l'information est un domaine de la philosophie qui étudie la nature et les principes de l'information, fournit des bases conceptuelles pour le monde et la société de l'information, et s'intéresse au développement et à l'application des théories de l'information et des méthodologies informatiques aux nouvelles approches philosophiques¹⁶⁸.

D'autres dénominations font référence à des orientations spécifiques de la philosophie de l'information, telles que : la cyberphilosophie, la philosophie numérique, la philosophie computationnelle, la philosophie de l'informatique/de la computation, la philosophie de l'IA, la philosophie de l'artificiel, etc. Il s'agit de l'ensemble des outils théoriques et méthodologiques qui permettent de situer ces processus d'évolution technologique et médiatique de l'information qui se sont développés de manière exponentielle au cours des cinquante dernières années. La philosophie de l'information en tant que discipline est assez récente et reprend en principe d'anciens débats philosophiques pour les relier aux questions conceptuelles actuelles générées dans notre monde dans les domaines de l'informatique, de l'IA, des sciences naturelles et sociales et de la culture populaire¹⁶⁹.

Les origines de cette branche de la philosophie se trouvent pourtant dans les mathématiques. Alan Turing (1912-1954) avait introduit l'idée de « computation » selon laquelle différentes procédures pouvaient être réduites à des opérations de base pouvant être exécutées par un ordinateur qui, à son tour, générerait de nouvelles données. Il ne s'agissait pas d'une machine concrète, mais de l'idée de la possibilité de l'existence d'une telle machine. Ce qu'il anticipait, ce sont les principes de base de la computation, ceux qui sont compatibles avec

¹⁶⁸ FLORIDI, L. (2011). *The Philosophy of Information* (p. 1-52). Oxford University Press. Preface XIII.
<https://www.scribd.com/document/354500554/Luciano-Floridi-The-Philosophy-of-Information-Oxford-University-Press-2011-pdf>

¹⁶⁹ *Ibid.*

presque tous les systèmes de calcul numérique actuels. Claude Shannon (1916-2001) est l'auteur de la « théorie mathématique de la communication », un langage visant à définir les échanges entre machines. Il a employé le terme « bit » comme indicateur quantitatif de l'information, et le mot « entropie » afin de désigner le niveau d'incertitude lié à l'imprévisibilité d'un élément d'information. Il décrivait le langage de l'information, qui est celui qu'utilisaient les machines de Turing. Les dispositifs informatiques et les technologies de l'information, telles que l'internet, sont désormais profondément ancrés dans notre vie quotidienne, et la maîtrise de ces langages de l'information devient de plus en plus cruciale pour opérer avec succès dans le monde d'aujourd'hui¹⁷⁰.

Ce qui n'était au départ qu'un concept et une application mathématique est devenu pertinent pour d'autres domaines scientifiques, puisqu'il s'agit d'un principe qui nous permet de repenser la façon de vivre en société, de construire la connaissance et de comprendre la réalité d'une manière totalement différente. L'idée qu'une machine puisse traiter des informations en utilisant ce langage allait conduire à la création des ordinateurs. Les ordinateurs, en plus de modifier le paysage de la réalité, ont surtout changé notre façon de penser. Si nous examinons l'évolution de ces premières idées de Turing et Shannon, nous observons deux courants principaux : la *cybernetic school* (l'école cybernétique) et la *French continental school* (l'école continentale française). La cybernétique, dont le principal précurseur initial était Norbert Wiener, a repris les idées de Shannon pour ensuite se concentrer sur leur application à des domaines plus étendus tels que la société, la biologie, l'économie, la psychologie, etc. Il s'est particulièrement intéressé à la notion de feedback d'information dans la nature, ainsi qu'à la différence entre l'information (au sens où Shannon l'entend) qui peut être envoyée et reçue, et l'information qui est sémantiquement constituée à la suite d'une communication interpersonnelle. Le groupe continental français était initialement composé de Raymond Ruyer (1902-1987) et Gilbert Simondon (1924-1989), ensuite suivi par Gilles Deleuze (1925-1995), Michel Foucault (1926-1984) et Jean Baudrillard (1929-2007). L'approche de Simondon représentait une extension de l'approche de l'aspect sémantique de l'information, qui prenait en compte l'indétermination de l'information en tant qu'existence interactive, compte tenu de l'interopérabilité de différents types d'information. Là où les cybernéticiens voyaient l'information comme un ensemble de systèmes fermés, Simondon

¹⁷⁰ GOBBO, F., ILIADIS, A., FRESCO, N., KERR, E., PRIMIERO, G., ALLO, P., VAKARELOV, O., GRUBAUGH, C., SCHULZ, C., & TURILLI, M. (2013). *Philosophy of Information: An Introduction* (p. 10-13). Society for the Philosophy of Information. https://www.academia.edu/5206129/Philosophy_of_Information_An_Introduction

considère que c'est impossible en raison de ces deux facteurs que nous venons de mentionner, l'indétermination et l'interopérabilité¹⁷¹.

Deleuze reprendra plus tard plusieurs des idées de Simondon et en popularisera une selon laquelle l'information est la « substance » du monde. Foucault, pour sa part, a souligné que toutes les choses que nous faisons et disons sont articulées par des informations préexistantes, sous forme de discours qui ont déjà été établis. Nous faisons tous partie de cette histoire de l'information avec ses différentes significations selon les différents discours. Baudrillard, associé à la philosophie postmoderne (fondée sur les théories de la virtualité, de la simulation et de la valeur), établit une distinction entre la « valeur » en tant que valeur physique et la notion de valeur pour la valeur. Il crée l'idée « d'hyperréalité des valeurs flottantes » (« *hyperreality of floating values* ») d'une manière plutôt visionnaire si l'on pense aux monnaies numériques d'aujourd'hui, selon lesquelles la valeur ne doit pas nécessairement être associée à quelque chose de « réel » mais notre époque accueille l'idée d'un échange purement « symbolique ». Ses idées d'hyperréalité, de simulation, de simulacre et d'échange symbolique sont des concepts qu'il a développés entre 1981 et 2001. Aujourd'hui, il existe encore une lignée de philosophes de l'information continentale qui publient activement sur ces sujets, entre autres Jean-Pierre Dupuy et Michel Serres. Dupuy travaille sur les liens entre Wiener et les formes actuelles de la science cognitive et de l'IA, et Serres développe la notion de bruit introduite par Shannon¹⁷².

Alongside academic philosophy, and the philosophical work commonly done in many other disciplines, Philosophy of Information (PI) is concerned with concepts. To communicate and co-operate successfully in pursuit of any goals, communities of people need shared conceptual schemes. When the world changes, because we find out about or create new things, those conceptual schemes need to change¹⁷³.

De cette façon, la philosophie de l'information construira les schémas conceptuels nécessaires en réponse aux circonstances d'un lieu et d'un temps donnés, afin de comprendre cette nouvelle réalité, et de nous comprendre nous-mêmes. Selon Luciano Floridi, l'intervention de la philosophie de l'information est une exigence de la « révolution de l'information » qui

¹⁷¹ *Ibid.* p. 14-22.

¹⁷² GOBBO, F., ILIADIS, A., FRESCO, N., KERR, E., PRIMIERO, G., ALLO, P., VAKARELOV, O., GRUBAUGH, C., SCHULZ, C., & TURILLI, M. (2013). *Philosophy of Information: An Introduction. Op. cit.*, p. 25-26.

¹⁷³ (« Parallèlement à la philosophie académique et au travail philosophique commun à de nombreuses autres disciplines, la philosophie de l'information (PI) s'intéresse aux concepts. Pour communiquer et coopérer avec succès dans la poursuite de n'importe quel objectif, les communautés de personnes ont besoin de schémas conceptuels communs. Lorsque le monde change, parce que nous découvrons ou créons de nouvelles choses, ces schémas conceptuels doivent être modifiés. ») [Traduction personnelle] *Ibid.* p. 29.

fait de notre espace une « infosphère » et de nous, êtres d'information, des « *inforgs* ». Il y a certaines découvertes qui produisent des révolutions dans la perception que l'être humain a de lui-même, de ce que nous sommes. Le premier que nous connaissons fut probablement Copernic avec ses découvertes sur la position de la planète Terre dans le système planétaire, le second fut Darwin et son postulat concernant l'évolution des espèces et plus précisément ce qui se rapporte à l'ascendance de l'être humain. La troisième révolution s'est produite avec les théories de Freud sur la psychanalyse et son introduction de l'idée de l'inconscient¹⁷⁴.

La création de l'Internet a fondamentalement changé notre mode de vie. Nous interagissons avec des outils hardware et software qui deviennent progressivement des extensions de notre corps. Contrairement aux révolutions mentionnées ci-dessus, nous parlons ici d'un développement technique, alors que dans les autres cas, il s'agit de développements dans la compréhension de ce qui existe sans notre intervention. Dans cette dimension, nous pouvons également placer de manière appropriée les développements actuels de la physique quantique, qui évolueront progressivement d'une manière qui élargit notre perception et notre compréhension actuelle de la réalité. Parallèlement aux développements techniques, d'énormes quantités de données sont générées dans cette « infosphère » et notre compréhension du monde change, passe de l'identification d'entités uniques et distinctes, d'objets physiques, à des interactions d'informations, de structures de données, en conséquence de la numérisation. Nous sommes dans un changement de paradigme, passant de l'unique et non reproductible, par exemple, un CD de musique, à l'informationnel, numérisé, comme la musique en streaming. La différence entre nous et les autres se dilue, tout comme les limitations liées à la position de notre corps biologique. Nos modes d'interaction nous permettent d'être connectés et d'interagir à distance. Le processus d'évolution vers des « *inforgs* » pleinement accomplis se poursuit et la génération actuelle, témoin et actrice de ces transformations, n'est pas encore totalement métamorphosée. Cependant, les jeunes enfants qui manipulent des *iPads* avant même d'avoir l'habileté nécessaire pour tourner les pages d'un livre incarneront pleinement la notion d'« *inforgs* », en étant les véritables héritiers de cette révolution informationnelle. Tout comme pour les bouleversements passés, il est improbable de faire marche arrière. Même si nous devions un jour perdre nos technologies et retourner à une époque pré-informationnelle, la nouvelle perception de nous-mêmes engendrée par la révolution de l'information perdurera¹⁷⁵.

¹⁷⁴ *Ibid.* p. 29-30.

¹⁷⁵ GOBBO, F., ILIADIS, A., FRESCO, N., KERR, E., PRIMIERO, G., ALLO, P., VAKARELOV, O., GRUBAUGH, C., SCHULZ, C., & TURILLI, M. (2013). *Philosophy of Information : An Introduction. Op. cit.*, p. 30-31.

2.6. L'art éphémère

L'art éphémère désigne l'art qui est intentionnellement conçu pour être temporaire ou fugace par nature. Ce type d'art remet souvent en question les notions traditionnelles de permanence et d'authenticité et soulève des questions sur la valeur et la finalité de l'art dans la société contemporaine. L'art éphémère trouve ses racines dans l'art de la performance et de l'installation. Il a gagné en notoriété dans les années 1960 grâce au mouvement Fluxus, lorsque des artistes tels que Joseph Beuys cherchaient à produire des œuvres d'art qui échappaient au cadre traditionnel des galeries et des musées et n'avaient pas de valeur financière. Les événements, performances et sculptures sonores faisaient partie intégrante de l'art éphémère, tout comme les prospectus et les objets produits en masse à faible coût, véhiculant des messages subversifs à travers le monde¹⁷⁶.

La montée de l'art conceptuel et le rejet des formes d'art traditionnelles ont également contribué au développement de l'art éphémère. Nous pouvons observer ce détachement de la matérialité dans cette citation correspondant à Lucy Lippard :

*Conceptual art is not necessarily logical. The logic of a piece or series of pieces is a device that is used at times only to be ruined... The ideas need not to be complex. Most ideas that are successful are ludicrously simple... Ideas are discovered by intuition. What the work of art looks like isn't too important. It has to look like something if it has physical form. No matter what form it may finally have it must begin with an idea. It is the process of conception and realization with which the artist is concerned...*¹⁷⁷

De nos jours, l'art éphémère est notamment reflété dans la fugacité et le caractère transitoire et immatériel de notre environnement numérisé. À l'époque des réseaux sociaux, de la télévision et de la consommation massive de récits transmédiés, de nombreux phénomènes éphémères entourent les créations artistiques, soulevant des questions sur la pérennité d'un univers fictif et d'autres discours médiatisés sur une longue période. La vie des produits

¹⁷⁶ TATE. (s. d.). *Ephemeral art*. Consulté 2 mars 2023, à l'adresse <https://www.tate.org.uk/art/art-terms/e/ephemeral-art>

¹⁷⁷ (« L'art conceptuel n'est pas nécessairement logique. La logique d'une pièce ou d'une série de pièces est un dispositif qui est parfois utilisé uniquement pour être ruiné... Les idées n'ont pas besoin d'être complexes. La plupart des idées qui réussissent sont ridiculement simples... Les idées sont découvertes par intuition. Ce à quoi ressemble l'œuvre d'art n'est pas très important. Elle doit ressembler à quelque chose si elle a une forme physique. Peu importe la forme qu'elle pourrait finalement avoir, elle doit commencer par une idée. C'est le processus de conception et de réalisation qui préoccupe l'artiste... »)

LIPPARD, L. R. (2001). *Six years: the dematerialization of the art object from 1966 to 1972* (p. 28–29). University Of California Press.

https://monoskop.org/images/0/07/Lippard_Lucy_R_Six_Years_The_Dematerialization_of_the_Art_Object_from_1966_to_1972.pdf

médiatiques peut changer de cap en fonction de la variabilité des matériaux et des activités paratextuelles, tels que les commentaires et forums en ligne, les promotions et bandes-annonces, les objets promotionnels et gadgets jetables, les archives et les jeux vidéo. Cela produit une tension entre permanence et obsolescence dans la production et l'expérience des produits dérivés des médias¹⁷⁸. Ce thème est souvent utilisé par les artistes pour créer un sentiment d'urgence ou pour commenter l'impermanence de notre vie contemporaine.

La trace de l'œuvre qui disparaît est fréquemment confondue avec l'œuvre en elle-même. L'œuvre vit le temps d'une performance dans la rue, d'une visite dans une galerie, le temps qu'une œuvre de *body painting* ou de *land art* s'évanouisse, qu'un programme s'exécute, ou qu'un *streaming* finalise. Cela nous renvoie à la notion de « *transience* » introduite par Freud en 1915. La fragilité de la réalité et de la vie nous apparaît comme inévitable, et nous sommes amenés à accepter cette finitude. « *The promise of a form of immortality offered by canonical art disrupted by the transience of ephemeral works: in the pieces under discussion, this reflects traumatic experiences of bereavement, which is the key to understanding ephemeral art*¹⁷⁹ ». Dans le domaine artistique, cela peut impliquer l'adoption de l'aléatoire, l'utilisation de matériaux éphémères, la participation imprévisible du public, ainsi que l'indétermination de la durée d'une œuvre¹⁸⁰.

Comme exemple d'un artiste réalisant des œuvres éphémères on peut mentionner Andy Goldsworthy, un artiste britannique reconnu pour ses installations in situ réalisées avec des matériaux naturels. Il crée des installations à partir d'éléments tels que des roches, de la glace ou des branches, conscient que le paysage évolue constamment. Ses œuvres éphémères ne sont pas destinées à perdurer. Selon lui, il ne s'agit pas d'art, mais de la vie et de la nécessité de comprendre que beaucoup de choses ne durent pas¹⁸¹.

Un autre exemple pourrait être celui de Marina Abramović, performeuse serbe. Lors de sa rétrospective au MoMA intitulée « *Marina Abramović : The Artist Is Present* », elle a réalisé une série de reconstitutions de performances, interprétées par des « *reperformers* », qui recréaient des tableaux vivants en direct, à côté de leurs versions documentaires sous forme de

¹⁷⁸ PESCE, S., & NOTO, P. (2016). *The Politics of Ephemeral Digital Media: Permanence and Obsolence in Paratexts*. In S. Pesce & P. Noto (Eds.), *The Politics of Ephemeral Digital Media* (pp. 1–7). Routledge.

¹⁷⁹ (« La promesse d'une forme d'immortalité offerte par l'art canonique est perturbée par le caractère éphémère des œuvres éphémères : dans les œuvres en question, cela reflète des expériences traumatisantes de deuil, ce qui est la clé pour comprendre l'art éphémère. ») [Traduction personnelle]

O'NEILL, M. (2007). *Ephemeral Art: Mourning and Loss* (p. 122–123).

<https://core.ac.uk/download/pdf/288389941.pdf>

¹⁸⁰ *Ibid.* p. ii.

¹⁸¹ *Andy Goldsworthy* | Artnet. (s. d.). Consulté 9 mars 2023, à l'adresse <https://www.artnet.fr/artistes/andy-goldsworthy/>

notations et de récits de performances historiques. Les visiteurs observaient ces performances comme s'ils contemplaient un tableau ou une sculpture¹⁸².

Un exemple additionnel d'art éphémère est le *live coding*. Citons l'artiste et chercheur britannique Alex McLean, qui emploie la programmation en temps réel pour concevoir des performances musicales. Pionnier du mouvement « *Algorave* », ce type d'événement rassemble des personnes dansant sur une musique produite par des algorithmes, en ayant recours à des méthodes de codage en direct¹⁸³.

Chapitre 3 – Digital / Post-Digital Art

La terminologie des formes d'art technologiques a toujours été très fluctuante, et ce que l'on appelle aujourd'hui l'art numérique a connu plusieurs changements de nom depuis ses débuts. Selon Christiane Paul, il fut d'abord appelé *computer art* (« art informatique »), puis *multimedia art* et *cyberart* entre les années 1960s et 1990s, les formes d'art utilisant les technologies numériques sont devenues des « *digital arts* » (« arts numériques ») ou « *new media art* » à la fin du XX^e siècle :

*The terminology for technological art forms has always been extremely fluid and what is now known as digital art has undergone several name changes since it first emerged. Originally referred to as computer art, then multimedia art and cyber arts (1960s-1990s), art forms using digital technologies became digital art or so-called new media art at the end of the 20th century*¹⁸⁴.

Le terme « *new media art* » était principalement utilisé pour le cinéma et la vidéo, les arts sonores, et fut utilisé tout au long du XX^e siècle pour les médias émergents. Les termes « *digital art* » et « *new media art* » sont parfois utilisés de manière interchangeable, mais le

¹⁸² BENICHO, A. (2011). *Marina Abramović: The Artist Is [Tele]Present: les nouveaux horizons photographiques de la (re)performance*. Intermédialités : histoire et théorie des arts, des lettres et des techniques / Intermediality: History and Theory of the Arts, Literature and Technologies, 17, p. 147-167. <https://doi.org/10.7202/1005754ar>

¹⁸³ Alex McLean – *Making music with text[ure]*. (s. d.). Consulté 9 mars 2023, à l'adresse <https://slab.org/>

¹⁸⁴ (« La terminologie des formes d'art technologique a toujours été extrêmement fluide et ce que l'on appelle aujourd'hui l'art numérique a connu plusieurs changements de nom depuis son apparition. D'abord appelées art informatique, puis art multimédia et cyber-arts (années 1960-1990), les formes d'art utilisant les technologies numériques sont devenues à la fin du 20^e siècle l'art numérique ou l'art des nouveaux médias. ») [Traduction personnelle]

PAUL, C. (2019). *Introduction. From Digital to Post-Digital - Evolutions of an Art Form*. In *A companion to digital art* (p. 1). Wiley Online Books. <https://doi.org/10.1002/9781118475249.ch0>

« *new media art* » est souvent considéré comme une sous-catégorie d'un domaine plus vaste des arts numériques qui englobe tout l'art utilisant des technologies numériques à un moment donné dans le processus de création, de stockage ou de distribution. Les œuvres qui impliquent des technologies numériques en tant qu'outil de production ne reflètent pas nécessairement ces technologies. La matérialité et l'esthétique de ces œuvres produites numériquement sont encore radicalement différentes de celles d'un site Web interactif (« *Net.art* ») qui pourrait être présenté sous forme d'installation ou de projection, ou être expérimenté sur un écran ; ou d'une installation interactive basée sur des capteurs qui doit être réalisée par le public ; ou d'une œuvre qui prend une forme immatérielle et critique des technologies numériques. Il faut distinguer entre l'art qui utilise les technologies numériques comme outil pour la production d'un objet d'art plus traditionnel, tel qu'une photographie ou une sculpture ; et l'art construit numériquement qui emploie ces technologies comme outil pour la création d'une forme moins matérielle, basée sur des logiciels, qui utilise les caractéristiques inhérentes du médium numérique, telles que ses possibilités participatives et génératives. L'art numérique est principalement compris comme un art « *digital-born* », né numériquement, qui est créé, stocké et distribué via des technologies numériques et utilise les fonctionnalités de ces technologies comme support. Il prend de nombreuses formes : installations interactives et/ou en réseau, software art ou Internet art sans manifestation physique définie, réalité virtuelle ou réalité augmentée, pièces de media art localisés distribués via des appareils mobiles, entre autres. Les technologies numériques ayant infiltré presque tous les aspects de l'art, de nombreux artistes, curateurs et théoriciens ont déjà proclamé une ère du *post-digital* (« post-numérique ») et du *post-Internet* qui trouve son expression artistique et ses œuvres à la fois profondément informées par les technologies et les réseaux numériques, tout en franchissant les frontières entre les médias dans leur forme finale. Ces deux termes tentent de décrire une condition des œuvres d'art et des objets qui sont conceptuellement et pratiquement façonnés par Internet et les processus numériques, en prenant leur langage pour acquis, mais qui se manifestent souvent sous la forme matérielle d'objets tels que des peintures, des sculptures ou des photographies. La condition décrite par le préfixe « post- » fait référence à une condition post-médium dans laquelle les médias, dans leur format d'origine initialement défini, cessent d'exister et de nouvelles formes de matérialité et de fusion ou hybridité voient le jour. Cette étiquette ne signifie pas « après Internet » ou « après le numérique », car ils continuent de prospérer, mais plutôt comme une condition normalisée. Le post-numérique et la « *New Aesthetic* » saisissent l'incorporation du numérique dans les objets, les images et les structures que nous rencontrons quotidiennement et la manière dont nous nous comprenons par rapport à eux. La « Nouvelle

Esthétique », en particulier, capture le processus de voir comme et d'être vu à travers des dispositifs numériques, sous forme d'images floues et partielles. Ils mettent en évidence l'incorporation du numérique dans les objets, les images et les structures que nous rencontrons quotidiennement et la manière dont nous nous comprenons par rapport à eux¹⁸⁵.

Alors que les termes « post-numérique » ou « post-Internet » utilisés dans le monde de l'art offrent effectivement un point de référence important pour les discussions, il est indéniable que le monde dans lequel l'Internet et la numérisation en général sont devenus un « *state of mind* » (« état d'esprit ») qui est également celui dans lequel les enseignants d'art, les éducateurs, les conservateurs, les artistes et les médiateurs vivent et travaillent dans cette situation depuis un certain temps. Puisque ni le monde ni l'Internet ne prônent forcément une *tabulae rasae* pour les activités humaines, mais plutôt des enchevêtrements complexes d'enjeux et d'agents locaux et mondiaux, historiquement, socialement et politiquement superposés, cet état d'esprit se manifeste de manière très différente dans les divers contextes et traditions de l'art et de l'éducation. Si cet état d'esprit a réellement transformé le monde dans lequel nous habitons, il est important de se demander qui encadre ce monde et son changement, comment cela se fait et quel type de futur ce changement est censé engendrer¹⁸⁶. Selon Kristin Klein, la numérisation est un processus technologique intégré dans des interrelations sociales, politiques et historiques. Pour elle, la numérisation ne décrit pas un processus abrupt mais est précédée de conditions structurelles culturelles, sociales et politiques rendant possible des changements culturels à grande échelle en reliant les cultures existantes et les potentiels de transformation. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication facilitent les transformations sociales. Par exemple, la distribution massive de produits imprimés a largement contribué à l'alphabétisation, nécessitant l'acquisition de techniques culturelles telles que la lecture et l'écriture comme condition préalable à la participation sociale. Les changements dans les conditions médiatiques s'accompagnent de changements dans la subjectivation, les techniques culturelles et les processus d'institutionnalisation. C'est l'une des connexions représentées dans la notion de cultures numériques, nécessitant le développement de compétences techniques et communicationnelles dans l'environnement numérique. Le préfixe "post-" déjà mentionné indique que nous avons depuis longtemps dépassé la valeur de

¹⁸⁵ PAUL, C. (2019). *Introduction. From Digital to Post-Digital - Evolutions of an Art Form*. In *A companion to digital art*. *Op. cit.*, p. 1–4.

¹⁸⁶ TAVIN, K., KOLB, G., & TERVO, J. (2021). *Introduction: It's All Over! Post-digital, Post-internet Art and Education*. In K. TAVIN, G. KOLB, & J. TERVO (Eds.), *Post-digital, post-internet art and education : the future is all-over* (p. 1–5). Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-73770-2>

nouveauté de la numérisation et que de nouvelles formes de gestion de ces développements émergent. Si Kim Cascone en 2000 utilise le terme « *Post-Digital* » pour se distancier de manière critique des nouveaux développements technologiques et explore les possibilités d'utilisation subversive de la technologie par le biais de moyens esthétiques, une décennie plus tard, dans le contexte de la *Transmediale 2013*¹⁸⁷, le festival berlinois liant l'art, la culture et la technologie, un changement dans la signification sémantique de la « post-digitalité » apparaît. Le « *Post-Digital* », autrefois compris comme une réflexion critique sur l'immatérialisme esthétique « numérique », décrit maintenant la condition désordonnée et paradoxale de l'art et des médias après les révolutions technologiques numériques. Aujourd'hui, le *Post-Digital* représente un carrefour pour l'art contemporain et pour les projets de recherche qui reflètent de manière critique les complexes et régimes technologiques, industriels et politiques actuels. Klein décrit quatre dimensions esthétiques du *Post-Digital* et *Post-Internet* : (1) les œuvres d'art distribuées, (2) les sujets hybrides, (3) la matérialité fluide, et (4) les « *blind spots* » ou les angles morts. Avec les œuvres d'art distribuées, elle fait référence au fait que les artefacts numériques, ou les photos d'œuvres d'art, peuvent être modifiés, couplés, divisés et placés dans différents contextes à un niveau et une vitesse sans précédent. Ils combinent l'interaction homme-machine et les modes algorithmiques de perception, de distribution et de production d'œuvres d'art et sont caractérisés par des dynamiques de production de connaissances basées sur des données à partir desquelles émergent de nouvelles configurations et pratiques culturelles. En ce qui concerne l'hybridité, elle fait référence au réseau hybride dans lequel se produit l'incarnation, impliquant des situations nomades de l'art, des acteurs humains, des algorithmes et des dispositifs. Elle le décrit comme une redéfinition de la subjectivation et de la co-constitution de la matière et des relations entre nature, culture et technologie par les acteurs humains et non humains, analysée par des théories « *network-theoretical* » (« réseautheoriques ») et post-humaines. La matérialité fluide fait référence à l'importance de la matérialité en tant que base – terminaux et interfaces numériques –, l'objet – numérisation des médias analogiques – et le produit – production numérique de phénomènes matériels – du numérique, où le traitement et la traduction des objets en différentes formes et matériaux constituent un principe essentiel. Avec la notion d'imaginaires numériques, Kristin Klein souligne que la technologie n'est pas neutre et a toujours été imprégnée d'idéologies. Elle interroge l'utilisation de la numérisation pour déployer des idées de (post-)colonialisme, de

¹⁸⁷ *Archive explore | transmediale*. (2013). Consulté 3 avril 2023, à l'adresse https://archive.transmediale.de/archive/explore?f%5B0%5D=type%3Aevent&f%5B1%5D=taxonomy_vocabulary_5%3A3518&f%5B2%5D=taxonomy_vocabulary_3%3A569

structures de pouvoir inégales et de théorie *queer*, et voit le potentiel dans l'éducation sur les cultures numériques pour observer, commenter et mettre en œuvre des stratégies esthétiques visant à améliorer la compréhension des technologies numériques ainsi qu'à imaginer ce qu'elles pourraient devenir¹⁸⁸. Avec la notion de « blind spots », Klein fait référence au fait que le traitement des sujets Post-Digital et Post-Internet est généralement limité au « Global North », excluant un vaste corpus de productions et d'expertise en dehors de cette région, en évitant d'inclure dans les programmes les travaux d'artistes de couleur ou d'artistes du « Global South »¹⁸⁹.

Because the mainstream historical and contemporary discourses of digital and new media art have been almost entirely focused on White, Western, male-identifying artists, and scholars, it requires a deeper dive for teachers to move beyond the accepted survey texts and established curricula. Several years into maintaining that status quo of negation through my teaching of digital art, it became clear that it was vital for me to do my part in actively taking steps to reconcile my teaching of these courses that had previously side-stepped social justice and critical methodologies¹⁹⁰.

3.1. *Data Art*

L'émergence de la photographie, de l'image animée, du cinéma et des arts publicitaires au début du XX^e siècle a ravivé une ancienne division apparue durant les Lumières, entre les sept arts libéraux (grammaire, dialectique, rhétorique, arithmétique, géométrie, théorie musicale et astronomie) et les arts mécaniques (architecture, peinture, sculpture et agriculture). Les arts médiatiques étaient opposés aux beaux-arts, avec le design chevauchant les deux domaines. Au troisième quart du XX^e siècle, cette division esthétique persistait, avec la mécanisation, mais aussi la numérisation qui prenaient alors le dessus. Les « *media artists* » (« artistes média ») étaient les représentants des arts mécaniques du passé, à travers les outils

¹⁸⁸ KLEIN, K. (2021). *Post-digital, Post-internet: Propositions for Art Education in the Context of Digital Cultures*. In K. Tavin, G. Kolb, & J. Tervo (Eds.), *Post-digital, post-internet art and education : the future is all-over*. *Op. cit.*, p. 27–40.

¹⁸⁹ KLEIN, K. (2021). *Post-digital, Post-internet: Propositions for Art Education in the Context of Digital Cultures*. In K. Tavin, G. Kolb, & J. Tervo (Eds.), *Post-digital, post-internet art and education : the future is all-over*. *Op. cit.*, p. 244

¹⁹⁰ (« Étant donné que les discours historiques et contemporains dominants sur l'art numérique et les nouveaux médias sont presque entièrement axés sur les artistes et les chercheurs blancs, occidentaux et de sexe masculin, les enseignants doivent plonger plus profondément pour aller au-delà des textes d'étude acceptés et des programmes d'études établis. Plusieurs années après avoir maintenu ce statu quo de négation dans mon enseignement de l'art numérique, il est devenu évident qu'il était vital pour moi de faire ma part en prenant activement des mesures pour réconcilier mon enseignement de ces cours qui avaient auparavant évité la justice sociale et les méthodologies critiques. ») [Traduction personnelle]. *Ibid.*

d'automatisation et les logiciels, alors que la contribution intellectuelle de l'acte créatif se pensait comme dépassement des forces algorithmiques.

Le passage vers une condition post-média, avec la production artistique assistée par la technologie numérique, a commencé à constituer l'essence de l'expérience médiatique au tournant du XXI^e siècle. L'art télématique et technogénique (ou « *bioart* ») a été exploré, soutenu par la numérisation et l'informatique à grande vitesse, entraînant la fusion de l'art et de la science. La nature en tant que culture et la culture en tant que nature se sont estompées, avec la biomimétique, la « *biosensing* » (« biocapteurs ») et le design biosynthétique comme exemples. L'emploi de la vie en tant que médium (visuel, scientifique et technologique) a introduit une vision post-numérique et post-Internet de la matérialité, qui a évolué en parallèle avec l'informatique. La convergence des médias est en marche, avec la fusion de tous les médias de masse en un seul, en raison de la prolifération des technologies de communication hybrides, prenant par simple exemple le dispositif d'un téléphone mobile. En cette ère de bouleversements, la crise planétaire de l'Anthropocène et la pandémie mondiale de Covid-19 révèlent notre état de dépendance vis-à-vis des technologies numériques. Les enfants de cette génération, immergés dans les technologies numériques, sont physiologiquement et psychologiquement façonnés par le jeu et les composantes de la transmission médiatique. Dans l'ensemble, la condition contemporaine post-média façonne le monde Post-numérique et Post-Internet où l'image médiatique domine à travers les écrans et les interfaces. Nous sommes confrontés à un nouvel équilibre dans le paysage culturel et médiatique, où les technologies numériques et les formes d'art traditionnelles coexistent et s'influencent mutuellement, menant à une nouvelle compréhension de la création et de la communication dans le monde post-média¹⁹¹.

Les artistes ont exploré le médium numérique bien avant la révolution numérique des années 90. Dans les années 50 et 60, des arts participatifs et technologiques ont émergé grâce à des artistes et groupes tels que Ben Laposky, John Whitney Sr., Max Mathews, John Cage, Alan Kaprow, le mouvement Fluxus, l'Independent Group, Le Mouvement, ZERO et GRAV/Groupe de Recherche d'Arts Visuel. Malgré l'inaccessibilité de la technologie, l'art et l'informatique étaient liés, et une approche systémique abordait des questions diverses tels que les notions d'objet d'art et conditions sociales, inspirées par les systèmes technologiques. Dans

¹⁹¹ JAGODZINSKI, J. (2021). *A Meditation on the Post-digital and Post-internet Condition: Screen Culture, Digitalization, and Networked Art*. In K. TAVIN, G. KOLB, & J. TERVO (Eds.), *Post-digital, post-internet art and education: the future is all-over*. *Op. cit.*, p. 61–65.

les années 70, les artistes ont utilisé la vidéo et les satellites pour expérimenter des performances en direct, anticipant les interactions futures sur le Web. L'art numérique, complexe et multifacette, s'est développé en suivant différentes lignées artistiques. L'une de ces lignées peut être tracée depuis l'art conceptuel basé sur des instructions jusqu'à l'art algorithmiques et les formes d'art qui mettent en place des systèmes technologiques ouverts. Une autre lignée relie les concepts de lumière et d'image en mouvement, du « *kinetic art* » (l'art cinétique) et de « *l'op art* » aux nouvelles formes cinétiques et notions interactives de télévision et de cinéma. Ces lignées ne sont pas des fils distincts, mais des récits interconnectés qui se croisent à certains moments. Parmi les pionniers de l'art numérique algorithmique figuraient Charles Csuri, Manfred Mohr, Vera Molnar et Frieda Cake. Les premières expositions d'art informatique ont eu lieu en 1965 : *Computer-Generated Pictures*, présentant des œuvres de Bela Julesz et A. Michael Noll à la Howard Wise Gallery de New York en avril 1965¹⁹² ; et *Computergrafik*, montrant le travail de Georg Ness, à la Technische Hochschule de Stuttgart, Allemagne, en février 1965¹⁹³. Depuis les années 90, l'art numérique a évolué, les artistes développant leurs propres interfaces matérielles et logicielles. Au début du nouveau millénaire, la disponibilité de logiciels et de matériels commercialisés a élargi et facilité la base de la création d'art numérique. De nombreux artistes se sont tournés vers le milieu universitaire, car l'art numérique ne jouait pas un rôle majeur sur le marché de l'art. À partir de 2005, les médias sociaux et les mouvements « *do it yourself* » et « *do it with others* » ont pris de l'ampleur, soutenus par l'accès à des interfaces matérielles (« *hardware* ») et logicielles abordables. Ces mouvements ont continué à se développer et à générer des esthétiques et des médiations modernes de l'art numérique, jusqu'à parvenir à l'extension et à la normalisation du médium digital dans une ère post-numérique¹⁹⁴.

3.1.1. *Artificial Nature*

Artificial Nature est un projet de recherche transdisciplinaire, développé par Haru Ji et Graham Wakefield, s'appuyant sur des théories de systèmes bio-inspirés et une esthétique de la création de mondes computationnels pour la production d'écosystèmes immersifs sous forme

¹⁹² *Computer-Generated Pictures* (Noll & Julesz) | Database of Digital Art. (s. d.). Consulté 20 mars 2023, à l'adresse <http://dada.compart-bremen.de/item/Exhibition/172>

¹⁹³ *Georg Nees: Computergrafik* | Database of Digital Art. (s. d.). Consulté 7 avril 2023, à l'adresse <http://dada.compart-bremen.de/item/exhibition/164>

¹⁹⁴ PAUL, C. (2019). *Introduction. From Digital to Post-Digital - Evolutions of an Art Form*. In *A companion to digital art*. Op. cit., p. 5–11.

d'installations artistiques¹⁹⁵. Depuis 2007, les auteurs mènent cette recherche-crédation axée sur l'utilisation d'installations en réalité mixte hautement immersive et d'art génératif interactif pour explorer de nouvelles relations avec une réalité de plus en plus imprégnée de calculs, s'inspirant davantage de la complexité et de la continuité ouverte que l'on trouve dans la nature plutôt que d'un caractère utilitaire fermé. Ce projet a donné naissance à une série de « natures artificielles », dont les installations ont été présentées dans plusieurs expositions, y compris des festivals tels que *SIGGRAPH* (Yokohama), *Microwave* (Hong Kong), *Digital Art Festival* (Taipei), des conférences telles que *ISEA* (Singapour) et *EvoWorkshops* (Tubingen), des lieux tels que *La Gaîté Lyrique* (Paris), *Cafa* (Pékin) et *City Hall* (Séoul). Les axes principaux du projet *Artificial Nature* seront illustrées par trois exemples de créations. Ces œuvres sont proposées comme des explorations de l'avenir physique et culturel d'environnements architecturaux interconnectés, presque vivants et saturés de médias computationnels. Chaque « nature artificielle » présente un monde informatique avec sa propre physique et populations simulées, au sein duquel les visiteurs interagissent pour devenir des participants essentiels d'un écosystème inconnu. Les auteurs utilisent des stratégies de simulation qui peuvent engendrer des comportements ouverts, ainsi que des méthodes de visualisation et d'interaction qui mettent l'accent sur l'immersion, la présence et l'agencement, privilégiant des modes d'interaction qui s'intègrent au réseau complexe de relations de *feedback* dans le monde pour favoriser la découverte exploratoire¹⁹⁶.

Dans le projet *Time of Doubles* (2011), une membrane courbée de trois mètres de haut est projetée au centre de l'espace d'exposition, déjouant la catégorisation inconsciente comme écran. Cela représente notre existence dans un espace doublé et replié, où les frontières sont autour de nous, traversées par les sphères d'information augmentées et virtuelles. La surface de projection est double face, chaque face ayant deux panneaux, offrant quatre perspectives du même monde où les visiteurs se promènent. La fusion du réel et du virtuel se manifeste par la projection des « doubles » des visiteurs dans l'écosystème, suivis grâce à des caméras. Ces doubles ne sont pas des avatars, mais des existences miroirs qui reproduisent la forme et les mouvements des visiteurs sous forme de particules à haute densité. Le reflet de la forme et du

¹⁹⁵ WAKEFIELD, G., & JI, H. (HYUNKYUNG). (2009). *Artificial Nature: Immersive World Making*. In M. GIACOBINI, A. BRABAZON, S. CAGNONI, G. A. DI CARO, A. EKÁRT, A. I. ESPARCIA-ALCÁZAR, M. FAROOQ, A. FINK, & P. MACHADO (Éds.), *Applications of Evolutionary Computing* (p. 597-602). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01129-0_68

¹⁹⁶ JI, H. H., & WAKEFIELD, G. (2016). *Recent Realizations of Artificial Nature*. In P. BEESLEY & A. ROUSHAN (Eds.), *Living Architecture Systems Group. White Papers* (p. 176-177). Riverside Architectural Press. http://papers.cumincad.org/data/works/att/lasg_whitepapers_2016_176.pdf

mouvement crée un lien « somato-psychologique » immédiat, malgré l'apparence étrangère du double et ses rôles différents dans le monde virtuel. Les particules émanant des doubles des visiteurs, s'écoulant en courants fluides créés par les mouvements des visiteurs, sont les nutriments primaires que les organismes artificiels doivent consommer pour métaboliser et survivre, produire du son et « se reproduire ». Les visiteurs se voient, entendent et ressentent ainsi comme le soleil et le vent, sont nourris par des espèces inconnues. Ce mouvement est également représenté par des sons spatialisés ; de nombreuses voix individuelles peuvent être identifiées simultanément. À mesure que les populations se développent et s'effondrent, le paysage sonore évolue, passant d'impulsions isolées à des nuages denses de sons dont les timbres varient avec la diversité « génétique », parfois rapidement en raison d'événements évolutifs¹⁹⁷. Pour voir les images de cette installation, voir l'article au bas de cette page¹⁹⁸, ou visiter le site web du projet¹⁹⁹.

Dans le projet *Archipelago* (2014-2015), un écosystème virtuel est projeté depuis le haut du lieu sur plusieurs mètres carrés de sable blanc-gris, créant un environnement et soutenant une diversité de populations d'organismes artificiels. Les visiteurs peuvent se promener librement à travers les îles, interagir avec, observer les comportements des "formes de vie" qui les habitent et entendre les sons qu'ils émettent. Ces formes de vie cherchent des sources de nourriture pour métaboliser, récolter, se nourrir, se reproduire, et évoluer dans un environnement précaire défini en partie par le terrain des îles de sable. Ce matériel, facile à sculpter, permet aux visiteurs de remodeler le paysage tout au long de la période d'exposition. Ils peuvent redessiner directement le paysage de sable, séparer une masse terrestre en biosphères distinctes ou réunir deux îles en une seule. Des « *depth cameras* » (caméras de détection de profondeur), placées au-dessus, déterminent la topographie du paysage et le mouvement des visiteurs, qui influencent les conditions environnementales de la vie végétale. Les altitudes plus élevées et les terres récemment touchées sont plus fertiles, mais elles peuvent aussi s'épuiser plus rapidement. Le système distingue les humains du sable en fonction de la vitesse de changement du mouvement et du taux de différence d'élévation. Les objets en mouvement rapide avec de grandes différences de hauteur par rapport aux zones voisines sont considérés comme humains. L'analyse du flux des mouvements des visiteurs génère aussi des

¹⁹⁷ Ji, H. H., & WAKEFIELD, G. (2016). *Recent Realizations of Artificial Nature*. *Op. cit.* p. 177-179.

¹⁹⁸ Ji, H. H., & WAKEFIELD, G. (2016). *Endogenous Biologically Inspired Art of Complex Systems*. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 36, p. 16. <https://doi.org/10.1109/MCG.2016.12>

¹⁹⁹ *Artificial Nature*. Consulté le 21 mars 2023, à l'adresse <https://artificialnature.net/>

forces de vent capables de perturber les organismes. Lorsque les visiteurs touchent le sol, la réalité mixte devient plus sensible. Ils peuvent voir des organismes ramper sur leurs mains, les soulever, les transporter avec précaution et les déposer dans d'autres régions ou îles²⁰⁰. Dans la photo suivante, nous pouvons observer des visiteurs interagissant avec l'œuvre *Archipelago* lors de sa présentation dans la *La Gaîté Lyrique*, à Paris. Des images de cette réalisation sont également disponibles dans l'article mentionné précédemment²⁰¹.

Endless Current propose un monde virtuel infiniment exploratoire dont l'architecture est constamment façonnée par les courants fluides qui imprègnent l'espace, peuplée par des espèces évolutives d'organismes qui nagent, chantent, mangent et se reproduisent en permanence. Ce projet est issu d'un travail réalisé pour *l'AlloSphere*, un dispositif de réalité virtuelle immersive situé à l'Université de Californie à Santa Barbara²⁰², où un pont de trois étages est suspendu au centre d'une surface de projection sphérique. Le travail pour cet espace affine des techniques d'art-science de visualisation de données. Chaque élément visible et audible joue un rôle actif dans plusieurs processus avec d'autres éléments. La visibilité des processus dans le monde virtuel est manifestée à travers les interactions, comme dans la nature quand le vent bouge les feuilles dans la nature. Des images de cette création sont disponibles sur le site web du projet²⁰³.

Les organismes sont semi-translucides, permettant d'observer de près les particules de nutriments digérées à l'intérieur, changeant au fur et à mesure de leur métabolisation jusqu'à ce qu'elles soient rejetées à nouveau dans l'environnement. L'énergie gagnée permet aux organismes de produire des œufs qui mûrissent en créatures pleinement développées. Le comportement de chaque organisme est modélisé à partir des processus génétiques d'héritage et de mutation. Le programme prend en compte un certain nombre d'entrées sensorielles, applique une série d'expressions et, selon des conditionnels appliqués, peut produire des actions. Pour gérer simultanément des milliers d'organismes différenciés, le programme est plutôt compilé dynamiquement en utilisant l'infrastructure de compilation LLVM. Cela résulte dans une tendance à la différenciation caractéristique de la vie, contrastant avec la tendance plus facilement quantifiable de l'inanimé²⁰⁴. Nous montrons ici une image de l'œuvre *Endless Current* (2016), dans laquelle un visiteur fait l'expérience immersive avec un casque HTC Vive

²⁰⁰ Ji, H. H., & WAKEFIELD, G. (2016). *Recent Realizations of Artificial Nature*. *Op. cit.* p. 179-181.

²⁰¹ Ji, H. H., & WAKEFIELD, G. (2016). *Endogenous Biologically Inspired Art of Complex Systems*. *Op. cit.*, p. 16.

²⁰² *The AlloSphere Research Facility*. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse <https://allosphere.ucsb.edu/>

²⁰³ *Artificial Nature*. Consulté le 21 mars 2023, à l'adresse <https://artificialnature.net/>

²⁰⁴ Ji, H. H., & WAKEFIELD, G. (2016). *Recent Realizations of Artificial Nature*. *Op. cit.* p. 181-183.

au Musée culturel de Santa Fe, Nouveau Mexique, États-Unis, pendant le *Currents New Media Festival*.

3.1.2. Ryoji Ikeda et la logique binaire

Ryoji Ikeda, originaire de Gifu, au Japon, a connu une carrière atypique avant sa participation au collectif théâtral Dumb Type, qui a joué un rôle important dans son développement artistique. Ce collectif, fondé en 1984, mélangeait diverses disciplines comme les expositions d'art, les spectacles audiovisuels et les publications. La fascination d'Ikeda pour le langage mathématique de la musique, les nombres binaires et les données comme matière première pour l'art est un thème récurrent dans son œuvre.

Avec *Dataplex* (2005)²⁰⁵ et *Datamatics* (2006)²⁰⁶, il explore le potentiel de perception de l'invisible multi-substance des données qui imprègnent notre monde. Le travail d'Ikeda se caractérise par une profonde implication artistique autour de la perception humaine et la nature du son, dont il tente de révéler sa forme physique et les effets psychologiques qu'il peut produire. Son œuvre comprend des installations mêlant son, images en mouvement et notions sculpturales liés à l'architecture, dans la plupart des cas, avec une esthétique « binaire ». Ses images, au-delà de leur froide perfection, soulèvent des questions sur l'origine du flux de données et leur relation avec ce que nous voyons et entendons. Autres deux œuvres importantes de Ryoji Ikeda, *micro | macro* (2015)²⁰⁷ et *Supersymmetry* (2014)²⁰⁸, illustrent son intérêt pour la transversalité et la collaboration entre différents domaines de la connaissance. Son processus créatif est basé sur l'expérimentation, approfondissant la nature du son et cherchant la beauté dans la rationalité, la précision, la simplicité, l'élégance dans l'infini, l'immensité, l'ineffable²⁰⁹.

Supersymmetry offre une interprétation artistique de la réalité naturelle au moyen d'une expérience sensorielle et enveloppante. Cette série d'œuvres, imaginée comme des installations

²⁰⁵ [recode] Ryoji Ikeda / *Dataplex* / 2005—YouTube. (2020). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=CMceM5KDj2o&t=9s>

²⁰⁶ Ryoji Ikeda | *datamatics*. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse <https://www.ryojiikeda.com/project/datamatics/>

²⁰⁷ Ryoji Ikeda | *micro | macro*. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse https://www.ryojiikeda.com/project/micro_macro/

²⁰⁸ Ryoji Ikeda | *supersymmetry*. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse <https://www.ryojiikeda.com/project/supersymmetry/>

²⁰⁹ VERTEDOR-ROMERO, J. A., & ALONSO-CALERO, J. M. (2021). *Inmersión sonora y microsonido. Estudio de caso de la obra de Alva Noto y Ryoji Ikeda*. Espacio Tiempo Y Forma. Serie VII, Historia Del Arte, (9), p. 324–328. <https://doi.org/10.5944/etfvii.9.2021.30521>

dérivées de la performance *Superposition* (2012-), sont les résultats d'une résidence réalisée entre 2014 et 2015 au *CERN* de Genève, principal centre de recherche en physique des particules au niveau mondial. Dans le domaine de la physique des particules, la supersymétrie constitue une extension hypothétique de la symétrie espace-temps reliant deux catégories essentielles de particules élémentaires, à savoir les bosons et les fermions. Elle prédit l'existence d'une particule associée au sein du modèle standard, contribuant ainsi à expliquer la présence de masse dans les particules²¹⁰. Des images de cette installation sont disponibles sur le site web du compositeur²¹¹.

Dans l'installation audiovisuelle immersive intitulée *micro | macro* (2015), Ryoji Ikeda crée un champ d'imagination liant la physique quantique, l'expérimentation empirique et la perception humaine, contrastant la perception humaine des échelles microscopiques et macroscopiques. Il s'agit d'une installation à grande échelle dans laquelle Ikeda explore les données à travers la visualisation et sonification à travers des compositions audiovisuelles, s'appuyant sur des méthodes mathématiques et des théories physiques.

En collaboration avec des scientifiques du *CERN*, Ikeda réalise une interprétation personnelle de l'Univers de Planck, pour dénoter des intervalles de temps extrêmement longs et petits. Les visiteurs de *micro | macro* (2015) pénètrent dans un monde de données, de particules, de lumière et de son qui rend les extrêmes de l'univers perceptibles à la vue et à l'ouïe. Selon l'auteur lui-même, dans cet œuvre, nous pénétrons dans les plus petites dimensions de l'irreprésentable, tandis que dans le macro-monde, nous explorons les espaces cosmiques qui nous permettent d'expérimenter l'infini de l'espace au-delà de l'univers observable²¹². Des images de cette création sont disponibles sur le site du compositeur, via le lien en bas de page²¹³.

3.1.3. Alva Noto et le *Glitch Art*

Le concept de « *glitch* » est généralement associé à la musique électronique et à la composition numérique, mais il est également présent dans nos interactions visuelles

²¹⁰ Ryoji Ikeda | *supersymmetry*. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse <https://www.ryojiikeda.com/project/supersymmetry/>

²¹¹ *Ibid.*

²¹² VERTEDOR-ROMERO, J. A., & ALONSO-CALERO, J. M. (2021). *Inmersión sonora y microsonido. Estudio de caso de la obra de Alva Noto y Ryoji Ikeda*. *Op. cit.*, p. 328.

²¹³ Ryoji Ikeda | *micro | macro*. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse https://www.ryojiikeda.com/project/micro_macro/

quotidiennes avec les ordinateurs. Les caractéristiques techniques des technologies numériques, comme les images pixelisées qui recomposent la réalité en fragments discrets, laissent entrevoir une transformation de l'espace visuel en une réalité virtuelle, le cyberspace, qui est discontinu et ponctué d'erreurs et de dysfonctionnements divers. Les échanges entre technologie et art ont constamment jalonné l'histoire, et l'importance des images numériques et des formes dérivées du numérique est devenue une partie insistante des médias contemporains depuis l'adoption généralisée d'Internet dans les années 90. Les procédés de « *glitch* » exploitent et reflètent les défaillances techniques en produisant des pixels et des bruits intrusifs qui sont utilisés comme matériau pour la création artistique²¹⁴.

Carsten Nicolai, également connu sous les pseudonymes Alva Noto, est un artiste et musicien né en 1965 à Karl-Marx-Stadt, en Allemagne. Actuellement basé à Berlin, Nicolai a étudié la peinture et l'architecture et fait partie d'une génération d'artistes audiovisuels qui repèrent de manière transversale des liens entre la musique, l'art et la science. Son œuvre artistique, tant visuelle que sonore, est fortement influencée par le réductionnisme, courant artistique initié par des peintres tels que Piet Mondrian, Willem de Kooning, Marc Rothko et Morris Louis. Dans le domaine de la science, le réductionnisme cherche à expliquer un phénomène complexe en étudiant l'un de ses composants à un niveau mécanique plus élémentaire. Nicolai applique cette approche à la perception d'éléments simples composant des œuvres d'art complexes. Ses travaux sont basés sur des algorithmes qu'il programme lui-même pour contrôler les rythmes, en utilisant des sons provenant de machines, modems, téléphones et fax plutôt que des séquenceurs traditionnels. Nicolai s'appuie sur des principes tels que la continuité, la synesthésie pour transformer des algorithmes, des modèles comme la série de Fibonacci ou des fractales, pour appliquer des méthodes réductrices et créer des sculptures sonores et visuelles explorant les relations entre le son, la lumière et l'espace. Carsten Nicolai a commencé à travailler sur la visualisation des phénomènes sonores tels que la fréquence, le rythme et les cycles. Il s'est surtout intéressé à l'internalisation des phénomènes sonores, cherchant à impliquer le spectateur au cœur même de l'œuvre, plutôt que de créer des objets

²¹⁴ BETANCOURT, M. (2016). *Glitch Art in Theory and Practice: Critical Failures and Post-Digital Aesthetics*. In Google Books (p. 1–7). Taylor & Francis.
https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=TiklDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Digital+Post-Digital+Art&ots=F8cWC7tXu5&sig=MdHxc4Cndt_1YD2y3LJ2mdjWckQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Digital%20Post-Digital%20Art&f=false

dans un état immatériel proche des corps en mouvement. Ainsi, le spectateur se synchronise avec l'œuvre, générant un processus créatif ouvert²¹⁵.

Nicolai réalise souvent des visualisations ou des sonifications basées sur des principes dérivés de nombres de la série de Fibonacci, d'algorithmes et d'autres modèles naturels. En utilisant la continuité de la forme et du son ainsi que la synesthésie entre la vue et l'ouïe, il relie les cycles présents dans le fonctionnement du monde naturel aux temps, vibrations et oscillations ressenties par le spectateur. Il affirme travailler à partir de contradictions et considère que la création de polarités est un principe essentiel dans son processus créatif. Les sons généralement considérés comme étranges sont désormais musicalisés dans l'œuvre de Nicolai. Depuis 1996, Nicolai a commencé à "détruire" son travail, à le décomposer et à le fragmenter. Chaque fragment, même si ce fragment est très petit contient encore toutes les informations de l'unité supérieure, comme par exemple l'ADN qui contient les informations sur l'ensemble de notre corps. En résultat de cette fragmentation et des principes de boucle, Nicolai a créé l'œuvre *Realistic* (1998). Pour cette œuvre Alva Noto s'inspire des théories de Takashi Ikegami sur la vie artificielle, à travers l'idée des mutations des réseaux autoreproducteurs. Il crée un dispositif composé d'un magnétophone, d'un *tape looper* modifié, d'un microphone et d'un dessin mural avec des polaroids. Le bruit de la salle s'enregistre et se superpose successivement, donnant naissance à des boucles sonores qui documentent le bruit spécifique du site et du moment de l'enregistrement. Il explore le phénomène du bruit en tant que signal complexe et son évolution temporelle, qui se multiplie créant des textures imprévisibles²¹⁶. Une image du dispositif est accessible sur le site web du compositeur²¹⁷.

Nicolai explique que son travail repose essentiellement sur des algorithmes qu'il programme lui-même pour contrôler les rythmes. Il applique cette programmation aux sons obtenus à partir d'enregistrements de bruits de machines, de modems, de téléphones et de fax, plutôt que d'utiliser des séquenceurs traditionnels. Alva Noto, est un pionnier dans l'utilisation de l'esthétique du « microson », propre aux erreurs ou « *glitches* » produits par les systèmes d'exploitation surchargés ou par un mauvais fonctionnement. Il met en évidence les perturbations et les ruptures qui se produisent dans nos interactions avec la technologie pour leur donner une utilisation musicale. Pour Nicolai, les erreurs peuvent être un point de départ pour la pensée créative et déclencher un moment créatif. Une erreur du système peut être le

²¹⁵ VERTEDOR-ROMERO, J. A., & ALONSO-CALERO, J. M. (2021). *Inmersión sonora y microsonido. Estudio de caso de la obra de Alva Noto y Ryoji Ikeda*. *Op. cit*, p. 312-315.

²¹⁶ Carsten Nicolai *Realistic*. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse

<https://carstennicolai.de/?c=works&w=realistic>

²¹⁷ *Ibid.*

point où la créativité ou l'intelligence émerge. Une erreur peut agir comme une perturbation qui stimule l'évolution d'un phénomène pour créer de nouvelles qualités. Selon Noto, tout en étant prudent pour éviter les erreurs en termes de production, il est très intéressé par l'utilisation des erreurs dans son processus créatif²¹⁸.

3.1.4. *Data/ Circuit-bending*

La « *data bending* », également connue sous le nom de « *code bending* », est un processus dans lequel on manipule un fichier d'un certain format en utilisant un logiciel conçu pour éditer des fichiers d'un autre format. Cela provoque des distorsions dans le fichier original, générant souvent un effet utilisé dans l'art du « *glitch* ». Ces procédés numériques permettent d'étendre les possibilités de la production audiovisuelle, par exemple en déconstruisant un texte pour créer une image numérique ou en manipulant du code pour obtenir de nouveaux sons basés sur le style *glitch*. Reed Gashala (1953), considéré comme le père du « *circuit bending* », a commencé à la fin des années 1960 à modifier ou « hacker » (« pirater ») différents circuits électroniques de divers appareils pour générer des sons électroniques personnalisés. Le circuit modifié est ensuite activement manipulé pour rendre accessibles les « défaillances ». Cette technique, appelée « *circuit Bending* », consiste à transformer des dispositifs courants produisant des sons en instruments uniques aux qualités sonores originales. Un mouvement artistique émerge de cette technique, cherchant à s'éloigner des produits en série des fabricants industriels. Une série de musiciens sans ordinateur personnel ou sans accès à des instruments électroniques coûteux commence à explorer ces objets pour leurs compositions et performances, enrichissant et créant ainsi de nouvelles expériences sonores²¹⁹.

Les techniques les plus simples de « *data bending* » consistent à ouvrir des images sous forme de texte, à faire des variations dans le code (Figure 1), puis à les rouvrir sous forme d'images et à observer les « *glitches* » générés. Une autre technique consiste à ouvrir les images dans un logiciel d'édition audio tel que *Audacity*²²⁰ et à effectuer différents collages (sans modifier la tête de la représentation sonore) ou à appliquer des effets, produisant ainsi différents

²¹⁸ VERTEDOR-ROMERO, J. A., & ALONSO-CALERO, J. M. (2021). *Inmersión sonora y microsonido. Estudio de caso de la obra de Alva Noto y Ryoji Ikeda*. *Op. cit*, p. 312-315.

²¹⁹ ROMERO, J. A. V. (2020). *Sonificación de flujo de datos. Un análisis transversal de la obra de Alva Noto y Ryoji Ikeda* (p. 97-101). UMA Editorial, Universidad de Málaga. <https://hdl.handle.net/10630/20974>

²²⁰ *Audacity*. (2023). Consulté 22 avril 2023, à l'adresse <https://www.audacityteam.org>

collages d'images ou différentes altérations en fonction des procédures effectuées²²¹. Cela permet en même temps de générer différents bruits qui peuvent ensuite être utilisés comme matériel de composition. D'autres techniques peuvent être comme la séparation (« *split* ») RVB, l'utilisation d'anaglyphes et les distorsions de scanner. La séparation RVB est une procédure provenant de la photographie, qui consiste à prendre trois photos avec le même cadrage en les exposant à travers des filtres RVB, obtenant ainsi les trois canaux d'une même scène séparément. En rendant les négatifs positifs et en les fusionnant en une seule image, on obtient une scène bien exposée, avec la différence que les éléments ayant bougé entre les trois prises apparaîtront à des positions différentes dans chacun des canaux²²². Un exemple de l'utilisation de cette technique est illustré par l'œuvre *rgb4* (2014) réalisée par l'artiste multimédia Adam Ferris, accessible via le lien en bas de page²²³.

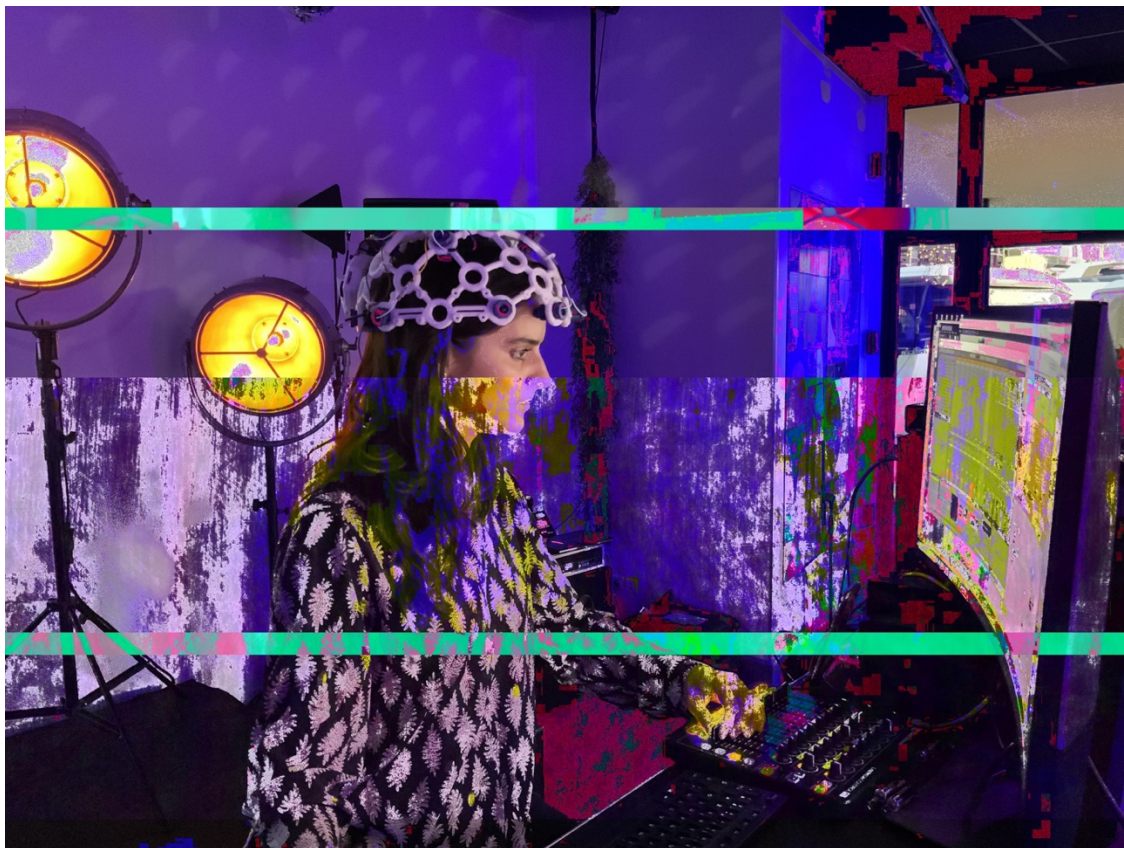


Figure 1 : Romay, R. (2022) *Exemple de databending, utilisant un effet de réverbération dans Audacity*. [Photographie modifiée].

²²¹ *Every Possible Glitch from Databending in Audacity* (2022). Consulté 27 mars 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=-o28ZrdhugY>

²²² AJO, P. (2014). *La estética del error en la edad digital* (p. 9–12). ESD Madrid. <https://fr.scribd.com/doc/196913083/La-estetica-del-error-en-la-edad-digital>

²²³ *rgb4d—Adam Ferris*. (2014). Consulté 27 mars 2023, à l'adresse <https://amf.fyi/rgb4d>

Les images anaglyphes (Figure 2) sont des images en deux dimensions capables de créer un effet tridimensionnel lorsqu'elles sont vues avec des lunettes spéciales, de couleur différente pour chaque œil. Dans la plupart des cas, elles sont composées d'un canal bleu et d'un canal rouge. L'effet de tridimensionnalité est dû au fait que deux images, prises avec un léger décalage d'angle entre elles sont visualisées simultanément, imitant le fonctionnement de la vision, où l'information de chaque œil est ensuite assemblée par le cerveau. Le résultat est une image dédoublée et décalée²²⁴. À titre d'exemple, il est possible de consulter via le lien en bas de page l'œuvre *Binary Pronouns* (2018) de l'artiste américain Joel Swanson, qui travaille dans le domaine du croisement entre le langage et la technologie²²⁵.



Figure 2 : Romay, R. (2022) *Exemple d'anaglyphe créé dans Photoshop à partir d'une photo*. [Photographie modifiée].

²²⁴ ASHLEY, J. (2017). *Video Astronomy on the Go* (p. 142). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46937-9>

²²⁵ *Binary Pronouns*. (s. d.). JOEL SWANSON. Consulté 27 mars 2023, à l'adresse <http://joelericswanson.com/binarypronounsletterpress>

La distorsion de scanner consiste à déplacer l'élément scanné de manière synchronisée avec le balayage du lecteur du scanner. Ainsi, l'image scannée présentera des déformations (Figure 3) qui varieront en fonction du type de déplacement subi. La série *American Beauty* (2013) de l'artiste Adolfo Gutierrez utilise cette technique pour créer des affiches avec des images et des textes déformés²²⁶. En plus de la distorsion propre à l'image, les images obtenues par ce procédé présentent parfois des aberrations chromatiques dues à l'image en mouvement²²⁷. Voici un effet de distorsion de scanner crée en *Photoshop*²²⁸ :



Figure 3 : Romay, R. (2022) *Exemple de simulation de distorsion scanner créée dans Photoshop à partir d'une photo*. [Photographie modifiée].

²²⁶ *American Beauty*. (2013). Behance. Consulté 28 mars 2023, à l'adresse <https://www.behance.net/gallery/7866997/American-Beauty->

²²⁷ AJO, P. (2014). *La estética del error en la edad digital* (p. 9–12). ESD Madrid. <https://fr.scribd.com/doc/196913083/La-estetica-del-error-en-la-edad-digital>

²²⁸ *Adobe Photoshop*. (s. d.). Consulté 24 avril 2023, à l'adresse <https://www.adobe.com/fr/products/photoshop/landpb.html>

3.1.5. La notion d'auteur

Walter Benjamin a mis en évidence, en abordant le thème de l'œuvre d'art à l'époque de sa reproduction mécanique, qu'après l'apparition de l'imprimerie et de la photographie, observer un objet ne se résume plus à simplement le regarder, mais plutôt à contempler l'original d'une reproduction, qui elle-même entraîne une perte d'aura. L'ère numérique intensifie cette confusion de façon exponentielle. De nos jours, l'ordinateur portable servant à la création est également celui utilisé pour la copie, fusionnant ainsi les deux processus. Lorsque les actions de couper et coller ne requièrent plus de ciseaux ni de colle, mais seulement quelques clics, sans laisser de trace et préservant l'objet d'origine, la différenciation entre l'original et la reproduction devient plus évasive²²⁹.

Les questions d'identité, de paternité et de responsabilité occupent une place prépondérante, notamment en lien avec l'émergence des œuvres génératives et l'intégration de l'intelligence artificielle en tant qu'outil créatif, exigeant une refonte des notions traditionnelles de propriété intellectuelle. Au fur et à mesure que les textes, images, films et autres contenus sont aisément copiés, modifiés, manipulés et diffusés dans l'espace numérique, il devient plus ardu de discerner les concepts d'originalité et de paternité²³⁰. Malgré cela, l'acte de composition, consistant à assembler les éléments dans un espace et une temporalité donnés, revient toujours au créateur qui transforme ces éléments en un geste artistique, insufflant ainsi à la représentation d'une idée son intention de composition d'une œuvre.

Dans le monde numérique, les droits de propriété sur les œuvres littéraires et artistiques remplissent une fonction différente de celle du monde analogique. En effet, il se pourrait que ces droits ne soient pas nécessaires pour encourager la production d'œuvres créatives, car les créateurs ne seraient pas motivés par la perspective de récompenses commerciales. Cependant, les créateurs qui souhaitent contribuer à la société voudraient être reconnus pour leur travail, surtout s'il apporte une contribution significative au savoir collectif.

Pour soutenir ce nouveau mode de production et de diffusion créative en milieu numérique, les auteurs ont besoin d'un mécanisme pour s'identifier et revendiquer une œuvre comme la leur parmi d'autres variantes existantes, tandis que la société requiert un moyen d'évaluer la véracité des œuvres. Les droits de propriété à l'ère numérique servent donc à

²²⁹ *Authorship in the digital age*. (2007). Consulté 22 avril 2022, à l'adresse <https://johnaugust.com/2007/authorship-in-the-digital-age>

²³⁰ PAIGE, Y. (2018). *Who Am I? : Questions of Digital Identity and Authorship* – Digital Cultures '18. Consulté 22 avril 2022, à l'adresse <https://blogs.uoregon.edu/pyorkdigital/2018/11/27/who-am-i-questions-of-digital-identity-and-authorship/>

maintenir la créativité en reliant les auteurs à leurs œuvres et expressions originales, et en informant la société de l'identité de l'auteur d'une œuvre. Les lois sur le droit d'auteur reconnaissent et récompensent les auteurs pour leurs contributions, mais créent également un monopole temporaire qui limite l'utilisation des œuvres par la société. La protection des droits d'auteur doit donc être équilibrée avec la nécessité de disposer de matériaux de base pour la création, afin que les auteurs et artistes puissent créer de nouvelles œuvres. Il est donc essentiel de trouver un équilibre entre la protection des droits d'auteur et la mise à disposition des matériaux de base pour la créativité, afin de favoriser un environnement créatif dynamique et novateur²³¹.

3.2. Art Interactif

L'art interactif est une forme d'art qui encourage la participation et l'implication du public. Ce type d'œuvre d'art permet au spectateur de vivre une expérience personnelle par l'interaction directe avec elle. L'art interactif élimine l'idée d'observation passive qui est généralement associée à l'observation d'œuvres d'art traditionnelles. Au lieu de cela, les spectateurs sont invités à explorer la création en s'engageant dans une interaction physique ou mentale avec elle, devenant cocréateurs. Il peut s'agir de jouer à un jeu de réalité virtuelle au sein d'une performance, de manipuler la lumière et le son par le mouvement de son corps dans l'espace d'une installation, ou par la médiation d'une application mobile qui déclenche des événements dans un concert de musique. En plus de sa valeur artistique, l'art interactif présente également des avantages éducatifs et de sensibilisation à la création contemporaine. En s'engageant dans l'œuvre, les spectateurs peuvent se familiariser avec différents concepts et esthétiques, et découvrir par l'incarnation de l'œuvre une nouvelle vision du monde, ainsi que se rapprocher des artistes.

Les œuvres interactives offrent également une plateforme pour expérimenter différents médias et interconnexions entre le visuel, le sonore, les interfaces et les modes de jeu. Ces œuvres impliquent la conception et la composition du système interactif, ainsi que du système de détection et de transmission de signaux qui servira de message dans le réseau d'interactions. L'entrée (ou « input ») du système interactif, activée par le public, sera captée et traitée en

²³¹ NG, A. (2010). *When Users are Authors. Authorship in the Age of Digital Media*. Vanderbilt Journal of Entertainment & Technology Law, 12(3), p. 853-870. <https://scholarship.law.vanderbilt.edu/jetlaw/vol12/iss3/12>

traversant une série d'analyses, de filtres et de conditionnels, pour aboutir à une sortie (ou « output »), qui se convertira ensuite en une synthèse ou une modification d'un élément de l'œuvre en cours. Composer un système interactif, comme dans les cas mentionnés dans la section *Artificial Nature*, revient à créer un écosystème, composé d'espace, de temporalité, de narrativité et des interactions. Comme exemple d'œuvre interactive, nous citerons l'œuvre *You are the Ocean* (2017), réalisée par Ozge Samanci et Gabriel Caniglia²³².

You Are the Ocean est une installation d'art interactif où les ondes cérébrales d'un participant contrôlent une simulation d'océan projetée. Grâce à un casque EEG, les niveaux approximatifs d'attention et de méditation du participant sont mesurés. Lorsque le participant augmente son attention et sa concentration, l'océan et le ciel deviennent plus agités. En calmant son esprit, l'océan redevient calme également. Ce projet met en avant le lien intrinsèque entre l'être humain et l'environnement et rappelle que notre présence et notre pensée ont un impact direct sur la planète. L'installation permet de discuter de la nécessité d'une présence consciente et de la manière dont elle peut influencer notre rapport à la nature. *You Are the Ocean* s'inspire des dispositifs et des œuvres d'art basées sur l'EEG, telles que *Brainball* (2000) par Sara Ilstedt Hjelm et Carolina Browall, *Wave UFO* (2003), par Mariko Mori, *Eunoia* (2013), par Lisa Park, *Ascent* (2011), par Yehuda Duennas (*XXXY*), *Agent Unicorn* (2017), par Anouk Wipprecht et *Melting Memories* (2018) par Refik Anadol; comportant la création de musique, de projections, et des dispositifs électroniques. La particularité de « *You Are the Ocean* » réside dans ses visualisations réalistes, contrairement à la plupart des œuvres d'art basées sur l'EEG qui utilisent des visuels abstraits. L'installation a été réalisée avec le moteur de jeu *Unity* et programmée en C#. Elle utilise le casque de *NeuroSky*, *MindWave Mobile*, qui se connecte au PC via *Bluetooth*. L'installation est conçue pour être projetée sur un mur, créant un environnement immersif pour le participant et les spectateurs. Le casque sans fil permet au participant de se déplacer librement dans l'espace d'installation, bien qu'une chaise soit souvent placée au centre pour offrir un siège. Au fil des expositions, l'installation a varié de petites projections générées par un seul projecteur à des projections de neuf mètres de long. L'interaction des participants a montré un intérêt pour le contrôle de l'océan, certains cherchant à créer une tempête en augmentant leur concentration, tandis que d'autres préféraient calmer leur esprit pour créer un océan paisible. L'œuvre a suscité des discussions sur l'impact de la

²³² *You are the Ocean / Brainwave*. (2017). Consulté 24 avril 2022, à l'adresse <https://vimeo.com/232792092>

présence consciente sur la nature et a offert une expérience accessible aux visiteurs de tous les âges²³³.

3.3. Œuvres immersives

L'art immersif dans le contexte du numérique est un terme utilisé pour décrire une forme d'art qui fait appel aux cinq sens. Ce type d'art souvent interactif, crée ainsi une expérience unique et interactive, dans un espace conçu pour créer un sentiment de présence et d'interaction. Ce type d'art peut créer un sentiment de connexion que l'on ne trouve pas souvent dans les formes d'art traditionnelles. L'art immersif peut créer un environnement dans lequel le public a l'impression de faire partie de l'art lui-même, plutôt que d'être un simple observateur passif. Ainsi, l'art peut créer un environnement plus engageant et interactif. L'art immersif est une forme d'art qui vise à envelopper le spectateur dans une expérience sensorielle. Cette nouvelle ère de l'art cherche à dépasser le modèle traditionnel du « spectateur » et à impliquer le spectateur dans une expérience sensorielle complète qui le transporte dans un nouveau monde.

L'art immersif, qu'il soit interactif ou non, constitue un espace d'expérimentation unique dans le contexte d'une tendance « expérientielle » qui imprègne la scène culturelle ces dernières décennies. Le corps engage sa proposition artistique à travers sa relation écologique avec l'œuvre en évolution. Au contact de celle-ci, une émotion individuelle, voire collective, plus ou moins prononcée émerge et colore l'expérience vécue. Cette expérience « fait événement » esthétique suggère Louis Boisclair. Cette participation subjective est recherchée et permet d'intégrer le sensible et le conceptuel. D'après Boisclair, l'expérience immersive se conjugue avec diverses approches, telles que « l'immersif-virtuel », « l'interactif-projectif » et le « réflexif-intégratif ». La « ressemblance » d'une œuvre et la réalité exponentielle du virtuel offrent dans « l'immersif-virtuel » une capsule de vie condensée qui capte notre attention dans un univers singulier, tout en élargissant notre relation au monde. En ce qui concerne la dimension interactive liée à la perception, au corps et à l'expérience esthétique, elle évoque les résonances intimes en lien avec le mouvement « interactif-perceptif », engendrant des résonances physiques et affectives. Dans le domaine immersif, l'affect est omniprésent et polymorphe, s'insérant dans l'architecture, le décor, la scénographie, les formes, les

²³³ SAMANCI, O., & CANIGLIA, G. (2019). *You are the Ocean : Interactive Installation*. Proceedings of the 2019 on Creativity and Cognition, p. 414-421. <https://doi.org/10.1145/3325480.3329179>

agencements, les figures et les matériaux, ainsi que les systèmes technologiques et les interactions. L'affect demeure insaisissable sauf si la dimension interactif-projectif se manifeste et le corps accorde ses fréquences pour y réagir, consciemment ou inconsciemment. À la suite de l'expérience, dans une démarche « réflexive-intégrative », un processus transformationnel s'opère, par le biais d'un mode de compréhension abductif, cherchant à tirer des conclusions en formant des hypothèses basées sur des observations faites, pour intégrer une explication à l'expérience et partager le vécu²³⁴.

À cet effet, la démarche transformationnelle vise elle-même à :

- Rendre compte de l'expérience immersive avec des récits empruntant la forme dynamique du diagramme (non pas schéma fixe, mais tracé en devenir) ;
- Favoriser un mode abductif de compréhension : « il doit donc y avoir une explication à ceci ou à cela », au lieu du mode déductif dominant : « c'est ainsi que c'est supposé se passer »²³⁵.

En tant qu'exemple de l'approche immersif-virtuel, Boisclair mentionne l'œuvre *Cryogenian* (2015) de Julius Horsthuis. Réalisée en collaboration avec *Hectic Electric* et le *SAT*, cette création est présentée dans un lieu appelé *Satosphère*, un dôme de projection à 210 degrés sous 18 mètres à Montréal²³⁶.

Pour illustrer l'approche interactive de la projection, l'installation *Amorphogenesis. Antiplatonic Cave – Zarathrustian Cave / Anaximandrian Cave* (2014-2015) de Jaime Del Val est évoquée. Il s'agit d'une architecture interactive et intra-active numérique où le mouvement des corps transforme des maillages numériques amorphes en émergence constante (Figure 13). L'architecture fait partie d'un « métacorps » étendu du corps intra-agissant et est projetée sur des structures *Flexinamic* translucides. Plus les mouvements sont variés, plus l'environnement est riche.

Pour représenter l'approche réflexif-intégratif, l'œuvre *Chair de lumière* (2013) (Figure 14) de Marjolaine Béland est citée. Cette installation se situe dans une salle fenestrée et comprend quatre haut-parleurs, deux projecteurs, un écran plasma, deux ordinateurs et une caméra Kinect. Basée sur une réflexion autour de l'éphémère, de l'inaccessible et du fugitif, elle aborde l'empreinte sensorielle imperceptible du spectateur. L'œuvre se déploie lors de soirées divisées en cinq temps, alternant diverses productions sonores en boucle, clips vidéo,

²³⁴ BOISCLAIR, L. (2019). *Art immersif, affect et émotion. L'expérientiel 1* (p. 21-25). L'Harmattan.

²³⁵ *Ibid.*, p. 22.

²³⁶ *Illusions & Cryogenian in SAT. Julius Horsthuis*. (s. d.). Consulté 24 avril 2022, à l'adresse <http://www.julius-horsthuis.com/illusions-cryogenian-in-sat>

performances déambulatoires et jeux de lumières basés sur les mouvements²³⁷. Des images du processus de création de cette production sont disponibles sur le site de « *Chaire de Lumière* »²³⁸.

3.4 Œuvres génératives

L'art génératif, c'est la pointe avancée de l'art numérique. Ici, l'ordinateur n'est pas seulement un outil : c'est le support naturel de créations où l'artiste entend transférer sa capacité génératrice d'émotions et, à la limite, sa créativité même. Il libère ainsi son œuvre de ses propres limites, et se libère lui-même des tâches subalternes d'exécution pour aller plus loin dans son discours²³⁹.

Pierre Berger et Alain Lioret abordent la notion d'art génératif en se référant à l'aspect libérateur et d'ouverture de la composition grâce aux procédés plus ou moins génératifs, en fonction des formes et intensités du transfert de l'autonomie et de la créativité vers les œuvres. Selon eux, tout art est génératif, ainsi que toute activité humaine organisée, dès lors qu'elle délègue une partie de son rôle humain à un objet (outil, structure). Cette délégation se manifeste par une matérialité (autonomie physique), une richesse de comportements évolutifs (simples comme le jeu de dés de Mozart ou complexes), l'interaction avec le public et les critères de sélection. Ils remontent l'origine de ce procédé à l'Antiquité, et notent qu'il s'est développé de manière exponentielle avec l'arrivée de l'informatique, la cybernétique, l'internet, les dispositifs mobiles, l'intelligence artificielle, et continue de se développer²⁴⁰.

Ils élargissent le concept de « génératif » aux procédés de « transfert » depuis la préhistoire et l'Antiquité, incluant le transfert des formes, la reproduction des végétaux et animaux, et l'évolution de l'écriture pour véhiculer des intentions esthétiques et structurer les sciences et la musique. Ils examinent l'histoire, mentionnant des exemples au Moyen Âge, la Renaissance et la période classique, abordant l'émergence de la machine, l'imprimerie, le calcul, et l'évolution de la mécanisation dans les arts comme la musique, le théâtre et la photographie. Durant les années 1930, bien qu'aucune révolution technologique majeure n'émerge pour les arts, l'électronique fait son apparition, basée sur la lampe triode de Lee de Forest. Au niveau des concepts et des structures fondamentales, la fragmentation est au centre

²³⁷ *Chaire de lumière*. (2014). Consulté 24 avril 2022, à l'adresse <https://www.chairdelumiere.com>

²³⁸ *Études et laboratoires (été 2013)*. Consulté 24 avril 2022, à l'adresse <https://www.chairdelumiere.com/etudes-et-laboratoires>

²³⁹ LIORET, A., & BERGER, P. (2012). *L'art génératif : Jouer à Dieu... un droit ? un devoir ?* (p. 9). L'Harmattan.

²⁴⁰ *Ibid.* p. 9-13.

des préoccupations, illustrée par le « *cadavre exquis* » des surréalistes, inventé en 1925. Cette méthode, où chaque participant écrit une partie d'une phrase sans connaître les contributions précédentes, s'applique aussi bien au dessin qu'à toute autre forme d'art. Cette approche touche à l'essence de ce qui deviendra central après la guerre avec von Neumann et le binaire, fragmenter les objets et leurs signes pour créer de nouveaux signes et objets. On se situe ici au croisement de la logique aristotélicienne, de l'analyse mathématique cartésienne et de la division du travail technique et industriel, mêlant méthode, algorithmes et une touche de hasard pour enrichir le processus. La musique est l'un des premiers domaines à bénéficier de l'électronique, l'exploitant dans la génération, l'enregistrement et la restitution, notamment grâce au développement d'instruments électroniques tels que les synthétiseurs, le Thérémine et les ondes Martenot. Dans ce contexte, Joseph Schillinger, un compositeur, étend sa réflexion algorithmique aux arts graphiques et propose le terme et le concept de *Graphomaton* à travers son œuvre « *The Mathematical Basis of the Arts* » (1948)²⁴¹.

L'art génératif est défini par Philippe Galanter à toute pratique artistique dans laquelle l'artiste utilise un système, tel qu'un ensemble de règles en langage naturel, un programme informatique, une machine ou une autre invention procédurale, qui est mis en action avec un certain degré d'autonomie contribuant à la réalisation d'une œuvre d'art. L'art génératif n'est pas à priori lié à une technologie particulière. L'accent est mis sur le processus de création lui-même et la manière dont l'artiste interagit avec le système génératif pour donner naissance à une œuvre unique ou à une série d'œuvres. Dans le domaine de la musique électronique et la composition algorithmique, les compositeurs et musiciens explorent divers processus génératifs pour créer des partitions musicales et moduler par ces systèmes génératifs la synthèse et le traitement sonore. Les artistes utilisent des modèles tels que les automates cellulaires, les fractales, la vie artificielle, les L-systèmes, le chaos et la randomisation pour créer des systèmes qui génèrent de la musique selon ces principes, décrits dans une série d'algorithmes. Dans l'animation et « *computer graphics* » les artistes utilisent des systèmes génératifs pour la synthèse de particules, des images de modèles, des systèmes pour créer des plantes virtuelles et peupler des forêts et des vallées, et la modélisation physique pour créer des animations représentant le comportement réel sans que l'animateur ne doive chorégraphier chaque détail. Dans le design industriel et l'architecture, la pratique du design a toujours inclus un processus itératif de création d'échantillons, de sélection, d'améliorations incrémentielles et d'évaluation

²⁴¹ *Ibid.* p. 27-31.

des résultats. Après l'adoption de l'ordinateur par les designers, ces processus se réalisent également à l'aide des algorithmes génératifs²⁴².

L'œuvre *Muqarnas* (2019-2020), réalisée par l'architecte Michael Hansmeyer est un exemple de conception architecturale basée sur des règles. Les *muqarnas* remontent au XI^e siècle sous la dynastie seldjoukide et servaient initialement d'éléments structurels pour la transition entre un plan carré d'un bâtiment et la base circulaire de sa coupole. Le travail de Hansmeyer sur les *muqarnas* combine architecture, mathématiques et art pour créer des structures en forme de stalactites complexes et détaillées. La beauté de ces formations abstraites et non figuratives provient de la combinaison de la computation et de la fabrication robotique. L'approche algorithmique de ce projet se concentre sur la conception de plans de plafonds. Un algorithme de subdivision sélective est utilisé pour générer et affiner progressivement ces plans. Cet algorithme peut être utilisé pour reproduire des *muqarnas* historiques et en créer de nouveaux. Pour l'exposition « Future and the Arts » de 2019-2020 au Mori Art Museum de Tokyo, le musée a commandé une « *Muqarna Mutation* » : une *muqarna* de 6 mètres de large, conçue algorithmiquement et fabriquée robotiquement. Des profilés en aluminium extrudé, un produit industriel courant, sont transformés en une structure ornementale élaborée grâce à une utilisation de l'ordinateur. Sous la *muqarna*, les visiteurs observent à travers les changements de perspective des motifs parmi les innombrables réflexions. La structure résultante dépasse la typologie historique pour devenir quelque chose de nouveau et d'inédit²⁴³.

Voici un exemple de processus créatif réalisée dans l'environnement *Javascript*, en traçant de lignes courbes entre des pixels :

²⁴² GALANTER, P. (2003). *What is generative art? Complexity theory as a context for art theory* (p. 1-4). Proceedings of the GA2003 - 6th Generative Art Conference, Italy.
https://www.researchgate.net/publication/249885075_What_is_Generative_Art_Complexity_Theory_as_a_Context_for_Art_Theory

²⁴³ *Michael Hansmeyer—Muqarnas*. (s. d.). Michael Hansmeyer - Computational Architecture. Consulté 9 mai 2022, à l'adresse <http://www.michael-hansmeyer.com/muqarnas>

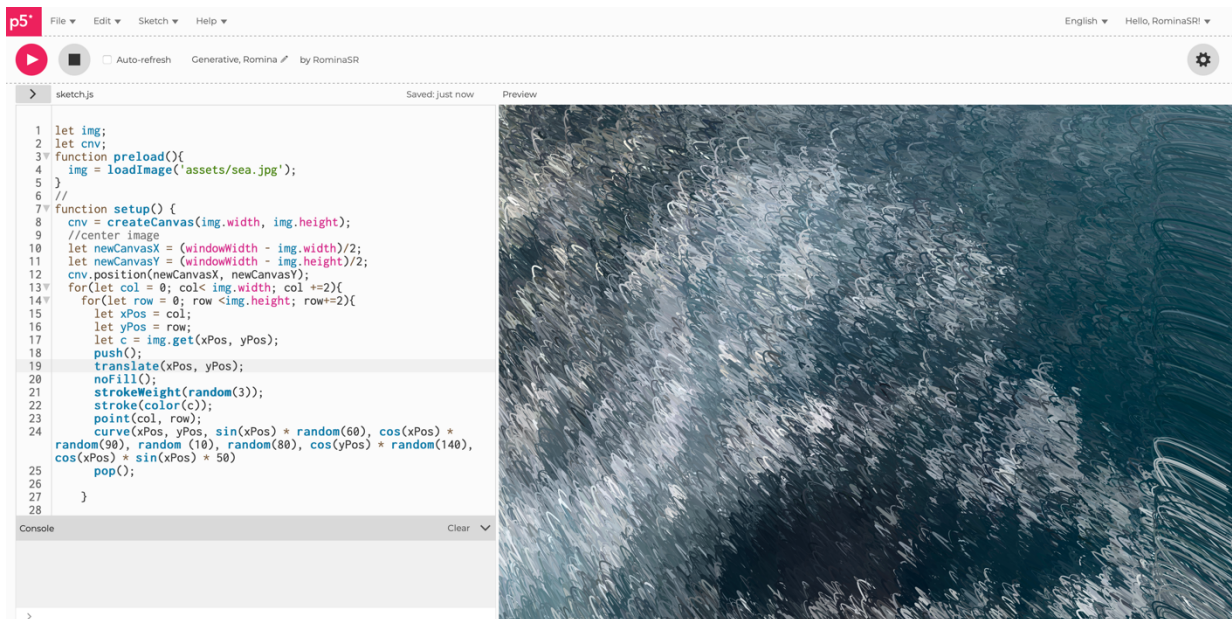


Figure 4 : Romay, R. (2023) *Exemple de processus génératif réalisé dans JavaScript (p5.js)* [Capture d'écran dans le site Web].

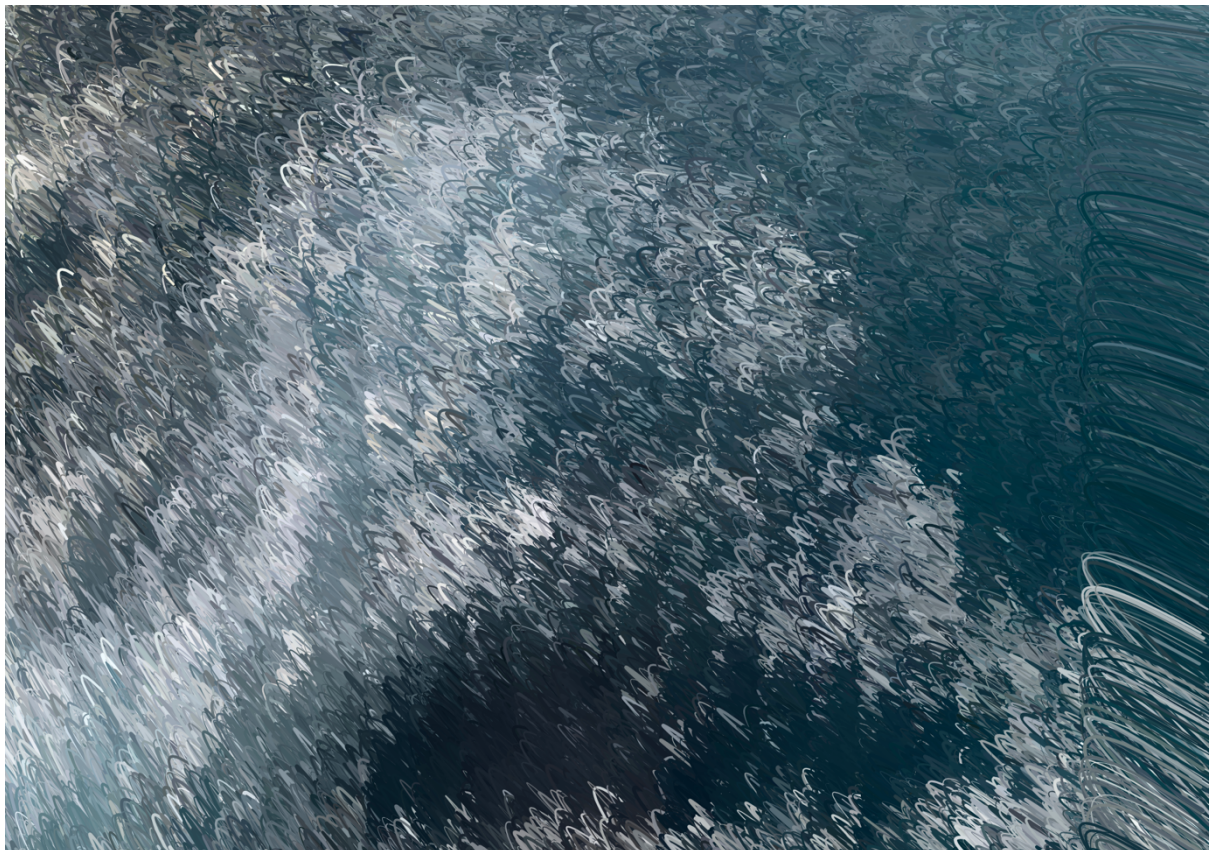


Figure 5 : Romay, R. (2023) *Image résultant du traitement génératif.* [Photographie traitée].

3.5. Net.art

Jean-Paul Fourmentraux caractérise le « *Net Art* » (ou « *Net.art* ») comme un genre de créations conçues par, pour et avec Internet, en opposition aux formes d'art traditionnelles transférées sur des sites-galleries et musées virtuels. Dans ce contexte, Internet offre un support, un outil et un environnement créatif pour la production artistique. Il distingue deux tendances principales dans le *Net Art* : le piratage (« *hacking* ») créatif et l'esthétique des réseaux sociaux. Le piratage créatif trouve ses origines chez les pionniers du Net Art, tels que Heath Bunting, Oliana Lialina, Alexei Shulgin et Vuk Cosic, qui ont développé leurs premiers projets à la fin des années 90, critiquant les régimes non démocratiques et agissant sur la base de l'hacktivisme et du cyberféminisme. Leurs créations visaient à contaminer Internet avec des virus artistiques inspirés des hackers. Les œuvres pionnières du collectif *Jodi*²⁴⁴ (Joan Heemskerk et Dirk Paesmans) modifiaient le code des sites, pour générer des erreurs, faisant de l'erreur « 404 »²⁴⁵ une sorte de « *leitmotiv* créatif ». Certaines œuvres, comme le projet <http://www.jodi.org> (1995), exploraient les implications sociales des technologies de traçage et d'accès à l'information sur Internet, brouillant les pistes et créant des identités, des erreurs, amenant l'utilisateur à « perdre le contrôle » de l'interaction avec le site Web²⁴⁶. D'autres adoptaient une approche plus politique, comme l'œuvre collective *Carnivore* (2000) réalisé par le groupe *RSG or Radical Software Group*²⁴⁷, une version détournée du logiciel *DCS1000* utilisé par le FBI pour l'écoute électronique sur le Web. D'autres tendances apparues au début du *Net Art* étaient la promotion des espaces « *open source* », inspirés du modèle « *copyleft* », ouvrant la possibilité à un large public d'accéder au médium, ainsi que le *Mail Art*, qui consistait en la circulation de courriels artistiques. La spécificité du *Net Art* et de son esthétique réside dans la conjugaison d'une configuration technique et d'une occasion sociale ritualisée, impliquant des dialogues et des partages entre artistes, ingénieurs et publics internautes. Les dispositifs *Net Art* amènent à ne plus séparer les producteurs et les destinataires, les contraintes et les ressources, et leur caractère performatif ouvre de nouveaux espaces de jeu et de négociation. Le *Net Art* conjugue la pratique médiatique et l'expérience esthétique de nouveaux dispositifs de création, tels que les jeux vidéo, le cinéma praticable, les installations numériques et interactives sur le Web. Le travail artistique à l'ère d'Internet associe

²⁴⁴ *JODI | net-art.* (s. d.). Consulté 10 mai 2022, à l'adresse <https://net-art.org/jodi>

²⁴⁵ *404.* Consulté 10 mai 2022, à l'adresse <http://404.jodi.org/>

²⁴⁶ <http://www.jodi.org>, Consulté 10 mai 2022.

²⁴⁷ *Media Art Net | RSG : Carnivore* <http://www.medienkunstnetz.de/works/carnivore/>

également cette autoproduction d'œuvres à de nouvelles formes de communication médiatique et politique. Les modes d'occupation du réseau, les stratégies médiatiques et les dispositifs de détournements artistiques autoproduits contribuent à l'émergence d'un monde de l'art et à la défense de la diversité culturelle à l'ère d'internet²⁴⁸.

Nous présentons *Collabscape* (2021)²⁴⁹ en tant qu'exemple d'une installation de *Net Art* musicale collaborative, réalisée par Austin Franklin, qui offre aux utilisateurs la possibilité de créer conjointement des paysages sonores d'ambiance à travers un navigateur web²⁵⁰. L'installation a été présentée lors de la *Web Audio Conference WAC-2022*, qui s'est déroulée du 6 au 8 juillet 2022 sur le Campus Méliès de l'Université Côte d'Azur, à Cannes. Lorsque les utilisateurs accèdent au site de l'installation, ils renseignent leur nom et localisation avant de recevoir un objet unique à l'écran à manipuler. La position de cet objet influe sur un échantillon audio attribué au moment où l'utilisateur se connecte au site. Les données de l'utilisateur, l'objet à l'écran et l'échantillon audio sont partagés et actualisés en temps réel pour tous les autres utilisateurs du site grâce aux cadres *NexusHub*²⁵¹ et *Tone.js*²⁵², générant une polyphonie sonore en fonction du nombre d'utilisateurs présents sur le site et de la position de leurs objets respectifs²⁵³ (Figure 6).

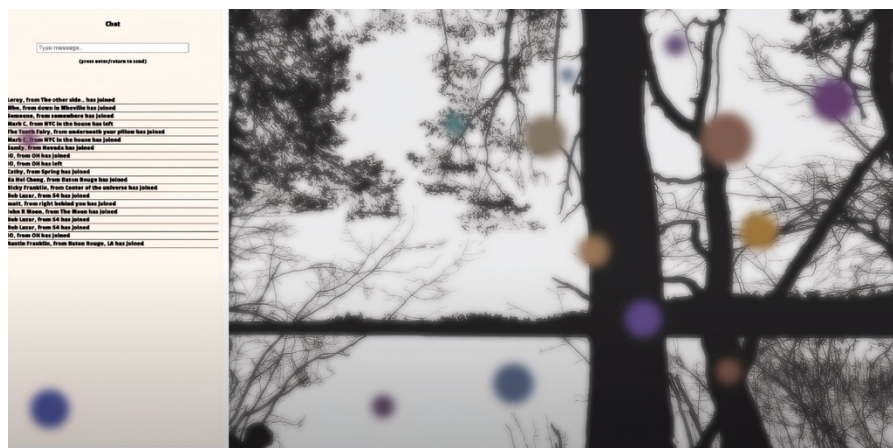


Figure 6 : Performance page of *Collabscape*. WAC-2022 (6-8 juillet 2022) [Capture d'écran issue de l'article²⁵⁴].

²⁴⁸ FOURMENTRAUX, J.-P. (2020). *Net Art et contre-culture numérique*. Ligeia, N°181-184(2), p. 74-85.

²⁴⁹ *Collabscape*. (2021). Austin Franklin. Consulté 10 mai 2022, à l'adresse <https://austinfranklinmusic.com/collabscape/>

²⁵⁰ FRANKLIN, A. (2021). sound-scapes.io Demo (pt. 1). Consulté 27 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=vfcqgKBrYS0>

²⁵¹ *Nexus Web Audio Interfaces*. (s. d.). Consulté 10 novembre 2022, à l'adresse <https://nexus-js.github.io/ui/>

²⁵² *Tone.js*. (s. d.). Consulté 10 novembre 2022, à l'adresse <https://tonejs.github.io/>

²⁵³ FRANKLIN, A. (2022). *Collabscape: A Collaborative Musical Net Art Installation*. Web Audio Conference 2022 (WAC 2022), Cannes, France, p. 1-2. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6770208>

²⁵⁴ *Ibid.*, p. 2.

Les participants se voient attribuer un numéro correspondant à un fichier audio au sein de Tone.js. La position de l'objet manipulé par l'utilisateur influe sur divers paramètres sonores, tels que le volume, la spatialisation, la réverbération et la fréquence du filtre passe-bas. La coordonnée X est liée à la spatialisation et à la réverbération, tandis que la coordonnée Y contrôle le volume et le filtre. Les effets demeurent subtils, incitant les utilisateurs à prêter attention aux autres participants. Les 158 échantillons audios proviennent de *Freesound* et sont sélectionnés en fonction de la tonalité de do mineur. L'installation intègre également des sons concrets, tels que des bruits d'oiseaux, d'eau et de vent. « *Collabscape* » emploie l'environnement *NexusHub* pour transmettre et recevoir des informations utilisateur afin de contrôler les événements audio. Les données sont actualisées en temps réel pour l'ensemble des utilisateurs actifs. L'installation est compatible avec les appareils mobiles et les ordinateurs de bureau²⁵⁵.

Chapitre 4 – L'expansion du modèle dans la composition musicale

La musique a toujours été une forme d'expression et, en tant que telle, elle reflète le monde qui nous entoure, à travers le regard du compositeur. Du rythme des océans aux sons de la ville, l'utilisation de modèles provenant du monde dans la composition musicale fait référence à la création de musique inspirée par une sorte de mimétisme avec la réalité qui l'entoure, en utilisant ces structures préexistantes à la création de l'œuvre pour les transcoder à partir de leur forme originale vers un langage sonore ou musical. Les modèles peuvent être de données issues de phénomènes naturels, tels que des modèles météorologiques ou le comportement d'animaux, des photos, un objet sonore, un texte, un algorithme, un style musical, un dessin, etc. Ces derniers temps, les progrès technologiques du numérique ont permis de trouver de nouvelles façons de d'approprier cet univers composé de modèles sonores, musicaux ou extra-musicaux dans le processus de composition²⁵⁶.

Pour Iannis Xenakis, l'emploi de modèles vise à matérialiser les mouvements de la pensée, à saisir les idées fondamentales de la composition et à soutenir la création artistique grâce à ces modèles. Dans son ouvrage « *Musiques formelles : Nouveaux principes formels de*

²⁵⁵ FRANKLIN, A. (2022). *Collabscape: A Collaborative Musical Net Art Installation*. *Op. cit.*, p. 1-2.

²⁵⁶ ELIPE-GIMENO, J., & DE PAIVA SANTANA, C. (2022). *Transcoding as a Compositional Paradigm*. *Musicological Annual*, 58(2), 155–174. <https://doi.org/10.4312/mz.58.2.155-174>

composition musicale », il débute avec ce texte, qui présente ce qu'il appelle la « musique symbolique » :

L'effort de réduire certaines sensations sonores, d'en comprendre les causes logiques, de les dominer, puis de s'en servir dans des constructions voulues; l'effort de matérialiser des mouvements de la pensée à l'aide de sons, puis de les expérimenter dans des compositions; l'effort de mieux comprendre les œuvres du passé, en recherchant une unité sous-jacente qui doit être comme à celle de la pensée scientifique de notre temps; l'effort de faire de « l'art » tout en « géométrisant », c'est à dire en lui donnant un appui raisonné moins périssable que l'impulsion du moment, donc plus sérieux, plus digne de la haute lutte que livre dans tous les autres domaines de l'intelligence humaine²⁵⁷.

À travers la formalisation de l'acte de composition en utilisant les mathématiques, Xenakis cherche à considérer les sons et la musique comme un ensemble de moyens permettant d'exprimer des lois et des structures de la pensée via leur matérialisation dans la musique. Pour ce faire, il développe une approche compositionnelle qu'il nomme « stochastique », en l'honneur de la « théorie des probabilités » qui a servi de cadre logique et de calcul pour les « conflits » rencontrés²⁵⁸.

Pour François Bernard Mâche, le modèle figure parmi les possibles universaux de la musique²⁵⁹. Pour lui, le monde n'est qu'un *analogon* visible de la musique²⁶⁰. « En effet, dès que le musicien prend conscience d'une forme sonore qui soit plus qu'un enchaînement d'instant, il se réfère à un modèle, en ce sens très général. Même si on se limite à un rapport d'extériorité, qui fait que l'inventeur ou l'acteur de musique se réfère consciemment à une organisation préexistante, qu'il se donne pour tâche d'adapter, de traduire, d'extrapoler, de digérer, etc.²⁶¹ ». De ce point de vue général, même une organisation de sons et de fonctions de sons, comme un système tonal, est un modèle.

Pour Mâche, l'art équivaut à l'imitation de la nature dans sa manière opératoire, et non dans les résultats de ses opérations, ce qu'il considère comme du réalisme sonore. Ces schémas opératoires se traduisent de manière abstraite, comme cela pourrait être la naissance, la

²⁵⁷ XENAKIS, I. (1963). *Musiques formelles : Nouveaux principes formels de composition musicale* (p. 9). La revue musicale. Éditions Richard-masse. Consulté 12 juin 2022, à l'adresse https://www.iannis-xenakis.org/wp-content/uploads/2021/02/Musiques_Formelles.pdf

²⁵⁸ XENAKIS, I. (1963). *Musiques formelles : Nouveaux principes formels de composition musicale*. Op. cit., p. 15-19.

²⁵⁹ MACHE, F-B. (2001). *Musique au singulier*. Ed. Odile Jacob, Paris. p 129.

²⁶⁰ François Bernard Mâche - « La musique : Comment, pourquoi? » (Séminaire Mamuphi 1^o octobre 2022, Ircam). <https://www.youtube.com/watch?v=xgWRYDQHLsM>

²⁶¹ MACHE, F-B. (2001). *Musique au singulier*. Op. cit., p. 129.

croissance, le vieillissement, la mort, l'association ou la dissociation. Mâche cherche à conférer une signification esthétique à l'ensemble du réel par le biais de l'œuvre d'art. Pour ce qui concerne l'imitation de la nature, cela dépend de ce que l'on entend par nature il dit : pour Xenakis, cela peut être la mathématique et la physique moderne ; pour Messiaen, cela serait une présence de la création divine aux yeux des êtres humains ; quant à Mâche, il s'agit de tout ce qui se révèle de manière sonore. À travers le modèle, on élimine de la réalité ses éléments contingents et on confère à la substance ainsi dégagée une nouvelle apparence et de nouvelles fonctions en la multipliant. La découverte est tout aussi consciente que l'innovation, dans laquelle on ne se confronte qu'à nous-mêmes²⁶²

Jean-Luc Hervé utilise des modèles qui deviennent des métaphores pour déclencher un processus de composition. Ces modèles sont généralement issus de l'écoute et de l'observation de l'environnement, en particulier du vivant. « Comme chez les êtres vivants, où le programme de développement qui va de la naissance à la mort est inscrit dans le code génétique mais prend des formes particulières pour chaque organisme, cette forme-trajectoire prend un aspect différent dans chacune de mes œuvres »²⁶³. À la suite d'un séjour au Japon et de la découverte des jardins traditionnels japonais, il développe une réflexion sur son travail qui l'amène à situer sa pensée compositionnelle dans un point d'écoute tourné vers le monde environnant. Depuis l'espace intérieur des temples dédiés à la méditation, la rencontre avec le monde extérieur est modifiée et démarquée par l'espace méditatif entouré de végétation, de croissance, avec une rythmique et une évolution continues. Il développe ainsi des matières musicales sous forme de rythmes, mélodies, harmonies, processus et formes, suivant des modèles qu'il relie à cette idée d'écoute à la fois ou successivement intérieure et extérieure²⁶⁴.

Pour Philippe Leroux, le concept de modèle occupe une place centrale dans le processus de composition, notamment pour créer les principaux éléments de hauteur et de rythme d'une pièce. Pour lui, les modèles sont des éléments utilisés comme références durant le processus créatif, pouvant être imités lors de l'élaboration d'autre chose, et pouvant être d'origine naturelle ou technologique. Il qualifie ces actes d'imitation de « mimétisme », influencé par le concept

²⁶² NICOLAS, N. (Réalisateur). (2022). *François Bernard Mâche - « La musique : Comment, pourquoi? »* (Séminaire Mamuphi 1^o octobre 2022, Ircam). <https://www.youtube.com/watch?v=xgWRYDQHLsM>

²⁶³ *Germination, Jean-Luc Hervé, Ircam.* (2021). Consulté 12 juin 2022, à l'adresse <https://brahms.ircam.fr/en/works/work/33485/>

²⁶⁴ *Jean-Luc Hervé : Germination.* Consulté 12 juin 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=WNXOp5LScto>

« d'intussusception » de l'anthropologue Marcel Jousse, décrivant le processus par lequel une personne absorbe une action étrangère, la répliquant afin de l'intégrer. En ce sens, en imitant, nous nous approprions ce qui nous entoure, développant ainsi nos propres actions. Comme lorsqu'un compositeur copie un chef-d'œuvre à la main pour assimiler quelque chose de ce geste inconnu. Il explore également la notion de « modèle du modèle », à travers laquelle il confronte la musique écrite et générée électroniquement à travers un processus de rétroaction. Dans sa composition *VOI(REX)* (2002), il suit l'idée d'un son original lié à l'imaginaire d'une personne singulière et d'une communauté entière, reliant tous les sons et les opérations symboliques de sa composition aux modèles, en tant que source originelle²⁶⁵.

Dans tous les cas mentionnés, le compositeur façonne certains matériaux musicaux, appliquant un ensemble d'idées différentes afin de créer une œuvre, où le modèle sert comme ressource pour développer un langage sous forme d'objets musicaux, de proportions et d'interactions, de procédures, et peut-être même, comme le souligne P. Leroux, pour se débarrasser du modèle lui-même à un moment donné²⁶⁶.

4.1. Le modèle stochastique dans *Pithoprakta* de Iannis Xenakis

L'œuvre *Pithoprakta* (1957), composée en 1955-56 pour 49 musiciens (2 trombones, percussion [xylophone et *wood-block*], et 46 cordes [12.12.8.8.6]), dure environ dix minutes. Elle a été interprétée pour la première fois par Hermann Scherchen et l'orchestre *Bayerischer Rundfunk* lors du Festival *Musica Viva* à Munich en mars 1957. Cette pièce explore l'application de la théorie des probabilités dans la composition musicale, avec des variations de vitesse et des contrastes de densité et de continuité/discontinuité. La configuration macroscopique résulte en une « modulation plastique » de la matière sonore.

Dans cette œuvre, les durées, les intensités et les intervalles sont calculés en fonction des probabilités pour toutes les possibilités d'un segment donné. La densité des sons est basée sur la « Loi de Poisson ». Les vitesses, liées aux mouvements de glissando des sons granulaires, sont déterminées en supposant trois hypothèses d'homogénéité : densité constante des sons animés de vitesses, répartition uniforme des valeurs absolues des vitesses, et isotropie (aucune

²⁶⁵ LEROUX, P. (2008). *The Model of the Model in VOI(REX)*. In J. BRESSON, C. AGON, & G. ASSAYAG (Eds.), *The OM composer's book* (Vol. II, p. 149–164). Éditions Delatour France/Ircam-Centre Pompidou.

²⁶⁶ LEROUX, P. (2008). *The Model of the Model in VOI(REX)*. *Op. cit.* p. 150.

direction de mouvement privilégiée), les glissandos ascendants et descendants sont égaux. Ces calculs de probabilité de vitesses absolues et de fréquence relative d'occurrence des vitesses s'inspirent de la théorie cinétique des gaz de Maxwell et Boltzmann. Xenakis utilise ces calculs pour construire un schéma cartésien. Le graphique résultant qui figure dans la page 31 de l'article de Xenakis²⁶⁷, représente un ensemble de vitesses proportionnelles tirées du tableau de probabilités. L'abscisse représente le temps, avec une unité de 5 cm = 26 mesures, subdivisée en trois, quatre et cinq parties égales. En ordonnées s'illustrent les logarithmes binaires des fréquences, avec une unité de demi-ton équivalente à 0,25 cm. Chaque ligne représente une vitesse issue du tableau de probabilités²⁶⁸.

Les passages sont ensuite transcrits en notation traditionnelle. *Phitoprakta* est composée par une succession des séquences de textures, articulées par des imbrications, des détachements et des transformations. L'œuvre débute par des enchaînements de notes courtes jouées progressivement en cascade par l'ensemble des cordes, en frappant l'arrière de leurs instruments. Suite à ces combinaisons rythmiques, les cascades donnent lieu à des blocs plus volumineux, au sein desquels s'introduisent les premières notes, qui surgissent d'une série des sons articulés à une vitesse croissante, les notes mélangeant pizzicatos et coups d'archet. Plus les phénomènes sont nombreux, plus ils convergent vers un objectif précis, libérant ainsi la force du matériau dans un ensemble de masses proliférants. À la fin du passage, seuls subsistent des coups d'archets impromptus ponctués de sons de percussion, suivis d'une variation de cette même forme, mais avec des sons en pizzicato. Ce passage sert de transition vers un accord tenu, accompagné d'une pulsation percussive, qui s'alterne avec des pizzicatos tout au long de cet accord. Ce passage se termine par des glissades de pizzicatos s'imbriquant dans la texture. Puis apparaît le continuum de glissandi de grande amplitude. D'abord de façon intermittente, comme avec les cascades du début, puis, en forme de masse. Les quarante-six cordes présentent de nouveau des figures individuelles, uniquement interrompues par quelques points percussifs presque imperceptibles dans le continuum. Ensuite, des éléments intrusifs et croissants de coups d'archet et de *col legno* commencent à modifier la texture.

Le geste s'intensifie et aboutit à une réduction abrupte de la texture, déclenchée par un son de percussion, avec une masse de *col legnos* qui se réduit, puis des pizzicatos. Des intermittences d'objets sonores suivent, alternant les *pizzicatos*, les *col legno* et un son

²⁶⁷ XENAKIS, I. (1963). *Musiques formelles : Nouveaux principes formels de composition musicale*. La revue musicale. Éditions Richard-masse. *Op. cit.*, p. 31.

²⁶⁸ XENAKIS, I. (1963). *Musiques formelles : Nouveaux principes formels de composition musicale*. La revue musicale. Éditions Richard-masse. *Op. cit.*, p. 26-30.

percutant. Une autre séquence débute avec d'amples *glissandos* sous forme de grandes ondulations décalées dans tout le registre, avec différents timbres, à faible intensité, aboutissant à un mouvement de masse d'un accord tenu ondulant dans le registre, en tension croissante. L'ensemble s'évapore avec des glissandos vers le registre aigu. Il ne reste à la fin, qu'une intermittence d'harmoniques et de sons *sul ponticello*²⁶⁹.

À travers cet exemple, nous pouvons observer comment le compositeur utilise un modèle des sciences pour générer des matériaux et des formes sonores, puis les transforme pour réaliser une composition musicale. Cela implique l'utilisation de techniques de composition comme l'orchestration, la création des différents grains de texture de masse et l'application de différentes formes dynamiques pour élaborer le discours musical. Les formules physiques et ensuite ses graphiques cartésiens (Figure 7), sont des outils qui apportent une cohérence interne et une certaine articulation aux paramètres musicaux, que Xenakis combine ensuite avec d'autres techniques de composition pour construire l'œuvre.

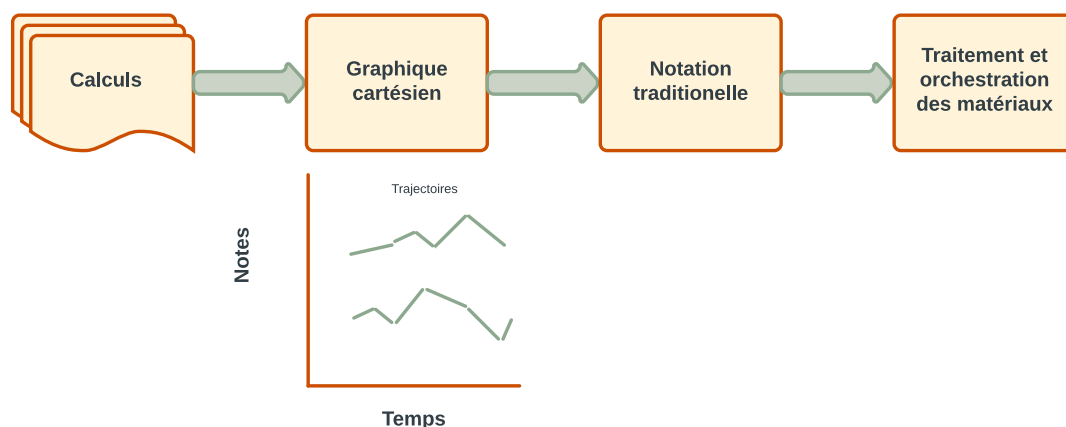


Figure 7 : Flux de travail pour la composition de « Phitoprakta » [Schéma].

4.2. Le modèle dans la nature dans *Vigiles* de François-Bernard Mâche

Vigiles (2018)²⁷⁰ est une composition mixte pour flûte, clarinette, piano, guitare (ou harpe) et un instrument électronique (échantillonneur), écrite par François-Bernard Mâche, à la demande de « l'Ensemble Variances ». D'une durée d'environ 12 minutes, cette œuvre a été créée et enregistrée pour la première fois au Conservatoire de Caen le 8 décembre 2020. Elle a

²⁶⁹ KAY, N. (1967). Xenakis's « Pithoprakta » *Tempo*, 80, 21–25. <http://www.jstor.org/stable/942631>

²⁷⁰ *Vigiles*—François-Bernard Mâche. Ensemble Variances. Consulté 20 juin 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=uttBBKsENCU>

ensuite été rejouée au SHED, Centre d'art contemporain de Normandie, le 3 octobre 2021, et à Santa Monica, aux États-Unis, le 19 mars 2022. L'œuvre tire son nom, *Vigiles*, en référence aux rousserolles des buissons, ces oiseaux qui chantent au cœur de la nuit, véritables gardiens nocturnes à leur manière. Le terme évoque également une liturgie nocturne pratiquée dans les monastères.

Dans *Vigiles*, les musiciens sont amenés à établir un dialogue avec les oiseaux. Sous l'influence de son maître Olivier Messiaen, Mâche réalise des transcriptions des chants d'oiseaux et va même plus loin en intégrant directement les sons des oiseaux dans la composition. Le petit ensemble de musiciens devient l'équivalent virtuose interagissant avec la virtuosité des oiseaux, devenant ainsi des musiciens de la musique animale. Mâche reprend, dans cette œuvre, le modèle de la « zoomusicologie » qu'il a lui-même fondé. Selon lui, nous sommes également des animaux musiciens. Ce qui rapproche l'humanité de l'animalité, pour Mâche, c'est le sens du jeu en tant qu'élément vital, sans autre finalité que le plaisir du son.

Cette œuvre réunit trois approches que le compositeur a souvent utilisées auparavant dans son emploi du modèle : d'une part, il utilise les modèles à l'état brut (puisqu'il emploie des enregistrements d'oiseaux tout au long de la pièce) ; d'autre part, il les colorise grâce à l'intervention des musiciens, ou il transpose les modèles dans la notation traditionnelle pour les instruments. Dans cette pièce, le compositeur utilise ces trois techniques, établissant un dépassement des limites entre naturel et culturel²⁷¹.

Le caractère général de l'œuvre est ludique, où l'on observe une sorte de jeu d'apparitions et de disparitions, de complémentarités, d'imitations et de synchronicités, entre le son de l'oiseau échantillonné et les instrumentistes. Comme nous pouvons le constater sur l'oscillogramme (Figure 8) correspondant à la pièce *Vigiles* de François-Bernard Mâche, nous pouvons diviser la pièce en deux sections principales, liées par un passage intermédiaire que nous signalons entre les deux lignes violettes. Une première partie commence par le chant de l'oiseau et est constituée de petites sous-sections caractérisées par plusieurs arrêts, qui mettent « en pause » le jeu, pour ensuite reprendre à partir de l'entrée du son de l'oiseau. Un passage transitoire de successifs solos des différents instruments introduit la seconde partie, qui, cette fois, commence par le son du picotement des oiseaux au lieu du chant. Cette partie est continue, sans arrêts, et révèle différents types d'interactions entre musiciens humains et oiseaux. Là où apparaît la ligne verte, après un son simultanément exécuté par les musiciens et les oiseaux, le

²⁷¹ TIFFON, V. (1992). *L'œuvre mixte de F.B. Mâche. Un modèle du genre* (p. 97-98). In Les Cahiers du CIREM, Centre International de Recherches en Esthétique Musicale, N°22-23.

son des enregistrements d'oiseaux disparaît, absorbé en quelque sorte par les instrumentistes. À partir de là, le discours s'intensifie et aboutit à une résolution finale, combinant un son tenu, enveloppé par la percussion d'une cymbale, comme une combinaison entre ton et bruit, chant et picotement des oiseaux.

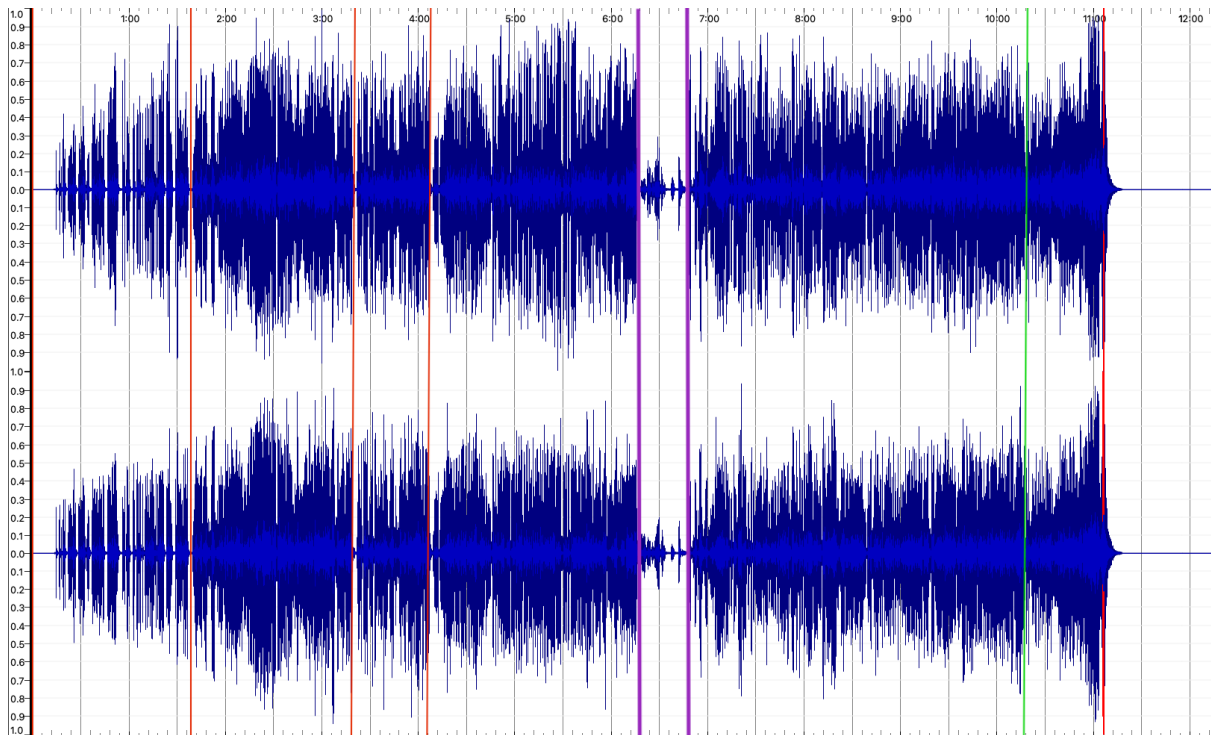


Figure 8 : Oscillogramme de la composition *Vigiles* de F.B. Mâche. Réalisé avec *Sonic Visualizer*²⁷²(2023). [Capture d'écran].

La pièce, comme nous l'avons mentionné, commence par le chant des rousserolles. Les instruments sont ajoutés progressivement, avec des sons courts et articulés. Des fragments de musique alternent avec des silences. Les fragments s'étendent ensuite en passages plus longs, où le dialogue entre les deux parties varie. Chaque fois que le jeu s'arrête, l'oiseau recommence après une pause. Il y a des imitations, des contrepoints, des accompagnements au chant des oiseaux, des duos et d'autres combinaisons de solos et tutti. Vers la fin, on entend les oiseaux qui frappent du bec et l'on arrive vers la 6e minute et 15 secondes à un passage transitoire, avec des interventions solistes de chaque instrument. Ce passage dure environ 30 secondes. La seconde partie commence avec les oiseaux qui frappent du bec. Les instruments sont ensuite progressivement réintroduits. Cette partie, contrairement à la première, se développe en un tout,

²⁷² CANNAM, C., LANDONE, C., & SANDLER, M. (2010). *Sonic Visualiser : An Open Source Application for Viewing, Analysing, and Annotating Music Audio Files*. Proceedings of the ACM Multimedia 2010 International Conference, p. 1467-1468.

sans interruptions. L'oiseau en solo alterne de nouveau avec le tutti, les synchronisations, les résonances, les motifs ornementaux et les diversifications du matériel, et surtout, les sons plus soutenus apparaissent, et la rythmique devient plus intense et condensée. Vers la 10e minute, dans un son synchronisé, l'oiseau disparaît, ou plutôt est absorbé par les instrumentistes. Le piano aborde des notes plus graves du registre qui n'avaient pas encore été explorées, le contrepoint se complexifie et l'intensité augmente jusqu'à aboutir à un son tenu de la clarinette, suivi d'un effet percussif rappelant le picotement, qui déclenche un motif ascendant en écho qui conclut la pièce avec une note soutenue, qui sera à son tour, absorbée par le bruit. Dans ce cas, Mâche utilise le modèle du chant d'oiseau comme objet sonore, dont il reprend les caractéristiques sous forme de transcriptions, et élabore la composition en imitant et en se différenciant du modèle, fusionnant la virtuosité des oiseaux et celle des musiciens.

4.3. Le modèle végétal dans *Germination* de Jean Luc Hervé

L'œuvre *Germination* (2013), réalisée par Jean-Luc Hervé lors du *Festival Manifeste* de l'IRCAM, s'inspire de la croissance végétale en tant que modèle compositionnel. Ce modèle prend principalement deux formes : celle de la croissance d'une racine et celle de l'inflorescence en panicule. L'idée rythmique de la pièce, tant dans la micro que dans la macro-construction, se base sur la vitesse de croissance des racines. Selon les observations de l'auteur, la croissance des racines présente un développement irrégulier, plus marqué au milieu qu'au début ou à la fin. La croissance en panicule lui permet d'imaginer un développement des matériaux à la manière de fractales, créant des structures secondaires à partir des nœuds qui bifurquent vers développements polyphoniques. Pour illustrer son propos avec un exemple, la Figure 9 montre les contours mélodiques des motifs utilisés entre les mesures 180 et 183, représentant en rouge les « nœuds », à partir desquels différentes structures, ou « branches », sont dérivées. En vert, nous voyons un premier ordre de croissance, avec des motifs ascendants et descendants. En bleu, nous observons un deuxième ordre, avec un modèle de ramification ascendante et descendante²⁷³.

Germination a été conçue pour se dérouler dans la salle de concert située au sous-sol de l'IRCAM, puis sur la place Igor Stravinsky. La première partie est une pièce pour flûte, 2

²⁷³ IRCAM. (2021). *Jean-Luc Hervé : Germination (Modèles naturels dans l'écriture de Germination)*. <https://www.youtube.com/watch?v=WNXOp5LScto>

clarinettes, cor, trombone, percussionniste, piano, clavier électronique/MIDI/synthétiseur, violon, alto, 2 violoncelles et contrebasse. La seconde partie, en extérieur, consiste en une œuvre électroacoustique diffusée par 50 lecteurs MP3, chacun émettant un fichier audio légèrement différent, générant ainsi une polyphonie spatialisée²⁷⁴. Cette conception de la composition de l'espace fait également référence au modèle végétal. « La musique, comme les plantes qui se dirigent vers le haut, vers la lumière du jour, prend peu à peu l'aspect de lignes ascendantes qui traversent le plafond de la salle de concert et se retrouvent à l'extérieur, à l'air libre²⁷⁵ ». La seconde partie commence à la fin de ce qui a été joué dans le sous-sol. L'œuvre entière se déploie en trois soirées, qu'il intitule « pousse », « floraison » et « fructification-graine ».

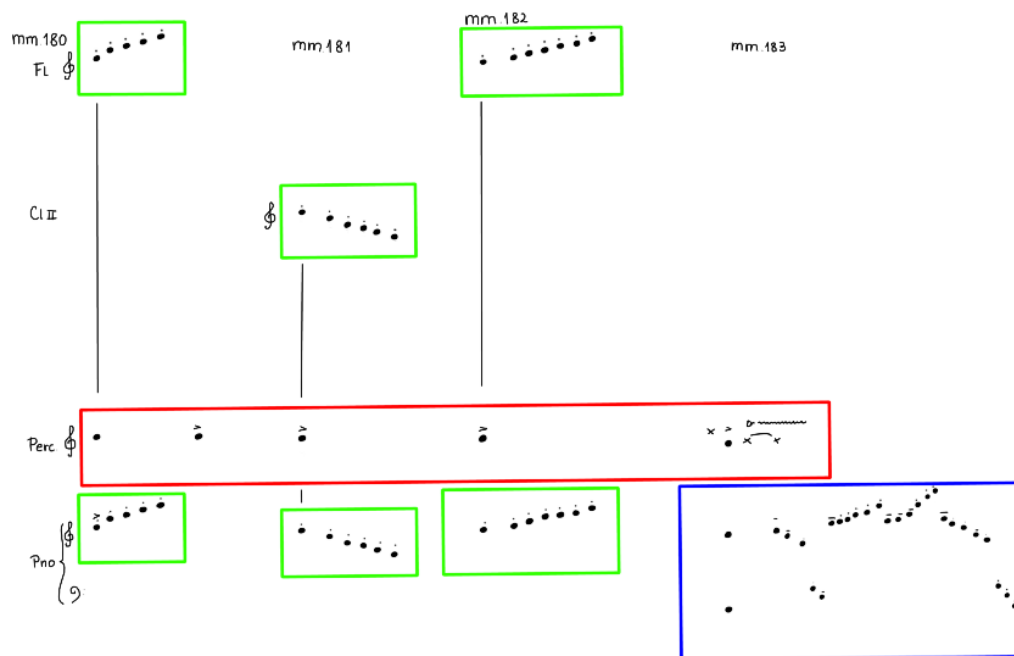


Figure 9 : Dessin des contours mélodiques entre les mesures 180 et 183 de la partie instrumentale de "Germination". La hauteur des notes est représentée par des cercles noirs. L'axe vertical correspond à la hauteur et l'axe horizontal au temps (mesures 180-183). [Illustration]²⁷⁶.

*OpenMusic*²⁷⁷ a été utilisé comme outil de composition assistée par ordinateur pour l'ensemble de l'œuvre, en particulier pour composer « l'hyper-hétérophonie ». La génération

²⁷⁴ *Germination*, Jean-Luc Hervé. (s. d.). Consulté 07 juillet 2022, à l'adresse <https://brahms.ircam.fr/en/works/work/33485/>

²⁷⁵ *Ibid.*

²⁷⁶ Jean-Luc Hervé. *Germination. Concert piece* (s. d.). Consulté 07 juillet 2022, à l'adresse http://jeanlucherve.com/wp-content/uploads/2017/09/JLH-germination_25_01_15.pdf

²⁷⁷ *OpenMusic* | *Ircam Forum*. (2023). Consulté 27 avril 2023, à l'adresse <https://forum.ircam.fr/projects/detail/openmusic/>

d'un grand nombre de fichiers sonores, un pour chaque voix mais tous dérivés du même modèle, représentait une tâche ardue à accomplir manuellement. *OpenMusic* a facilité une mise en œuvre itérative grâce au traitement par lots, s'avérant être un outil idéal pour atteindre cet objectif. Chaque fichier sonore est composé de plusieurs sections successives, organisées suivant un processus de transformation du matériau sonore dans les domaines de la hauteur, du timbre et du rythme. Chaque section est déclinée en 50 variantes, correspondant aux 50 voix. Ces variantes ont des durées légèrement différentes, de sorte que la transition d'une section à l'autre est généralement asynchrone entre les différentes voix, tandis que d'autres commencent au même moment, comme des textures des stomates des plantes selon mon interprétation personnelle.

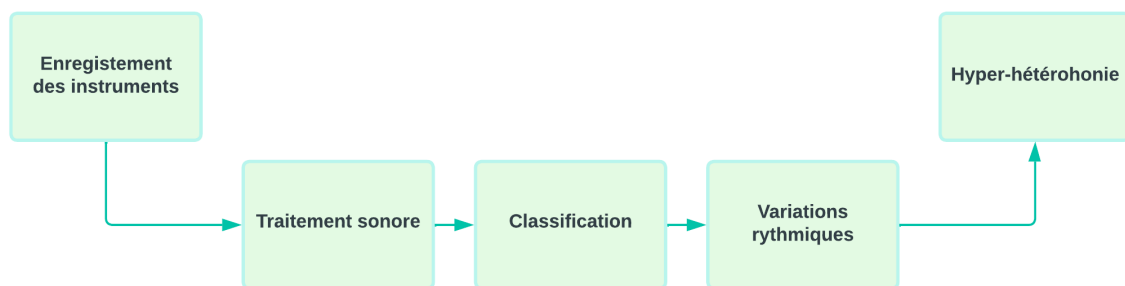


Figure 10 : Flux de travail pour la composition électroacoustique de Germination. [Schéma]²⁷⁸.

La partie électroacoustique de Germination a été composée en plusieurs étapes²⁷⁹ (Figure 10) :

- Des fichiers sonores ont été sélectionnés dans une base de données selon des critères spécifiques, puis traités à l'aide d'*OM-SuperVP* pour multiplier et varier les sons du corpus. - Ils ont ensuite été ordonnés à l'aide de *Catart*, puis assemblés rythmiquement avec *OpenMusic* pour générer les 50 variantes de chaque section.
- Finalement, les sections ont été concaténées dans une maquette *OpenMusic* pour produire les 50 pistes finales²⁸⁰.

Dans le cas de Jean-Luc Hervé, le modèle de la croissance végétale inspirera la constitution de la forme musicale, ainsi que la création de motifs musicaux qui suivront ce principe d'évolution, en termes de mélodie, de rythme et de textures.

²⁷⁸ HERVÉ, J. L. (2008). *Germination*. *Op. cit.* p. 221.

²⁷⁹ HERVÉ, J. L. (2008). *Germination*. In J. BRESSON, C. AGON, & G. ASSAYAG (Eds.), *The OM composer's book* (Vol. III, p. 219-227). Éditions Delatour France/Ircam-Centre Pompidou.

²⁸⁰ HERVÉ, J. L. (2008). *Germination*. *Op. cit.* p. 221-226.

4.4. Le modèle du modèle dans *VOIX(REX)* de Philippe Leroux

VOI(REX) (2002) est une composition pour voix, ensemble (flûte, clarinette, violon, violoncelle, piano et percussion) et électronique, composée par Philippe Leroux, commandée par l'*IRCAM* et le Ministère français de la Culture. La pièce a été composée en 2002 avec l'aide de Frédéric Voisin et créée en janvier 2003 à l'Espace de Projection, *IRCAM*. Le compositeur a utilisé différents types de modèles pour sa composition, afin de générer le matériel musical de la pièce.

Le modèle le plus important utilisé dans cette œuvre est le contour graphique des lettres. À partir de cela, des mélodies, des morphologies sonores et des trajectoires spatiales sont générées, la pièce se terminant par la chanteuse dessinant les lettres et les signes de ponctuation dans l'air en tant que geste poétique représentant l'acte compositionnel. La génération des matériaux a été développée dans l'environnement d'*OpenMusic*.

Le feedback entre ce qui est écrit traditionnellement et ce qui est généré électroniquement amène Leroux à employer l'idée du modèle du modèle, ou la "mise-en-abyme" du modèle. En plus des modèles acoustiques et technologiquement générés, le compositeur utilise des modèles figuralistes pour établir une relation « sémitoïque-musicale » entre le texte et les gestes musicaux, comme par exemple, l'apparition du texte « Descend jusqu'à tes pieds », qui conduit la voix à un registre grave. La pièce est basée sur des textes de Lin Delpierre, tirés de l'anthologie « *Les testament des fruits* ». Le texte structure certains aspects de la composition et divise le matériel phonétique, qui disparaît parfois dans un geste poétique et réapparaît comme une constante²⁸¹. La composition est organisée en une brève introduction suivie de cinq mouvements :

-I « L'invisible debout »

Le premier mouvement consiste en une note tenue de violon qui opère comme porteuse d'une modulation de fréquence progressive. Elle est accompagnée par une évolution de la voix passant d'un son bruité à une chanson.

-II « Jusque »

Le deuxième mouvement consiste en une itération de courbes mélodiques de la voix et des instruments qui émergent du contour de chaque lettre du poème.

²⁸¹ LEROUX, P. (2008). *The Model of the Model in VOI(REX)*. In J. BRESSON, C. AGON, & G. ASSAYAG (Eds.), *The OM composer's book* (Vol. II, p. 149–164). Éditions Delatour France/Ircam-Centre Pompidou.

-III « Depart (...) Enpart »

Le troisième mouvement consiste en une progression harmonique vers le bruit blanc, développée par l'application successive de techniques de *freezing*, de filtrage et de *pitch shift*, appliquées à la résonance des accords.

-IV « Devant tout autour »

Le quatrième mouvement est composé d'une forme de « nidification » selon Leroux, constituée de morphologies sonores résultant de l'utilisation du modèle graphique des formes d'onde (*waveforms*) pour générer du matériel musical. Les formes résultantes diminuent progressivement en taille et en forme.

-V « L'inachevé à son faite »

Le cinquième mouvement réintègre les éléments précédents, arrivant à la voix parlée. Le modèle des lettres est à nouveau utilisé comme base mélodique. Vers la fin les formes de lettres deviennent un geste dessiné dans l'air, par la chanteuse.

Philippe Leroux établit une distinction entre les « modèles acoustiques » ou « biomorphes », qu'il considère comme des modèles « naturels », et les « modèles technomorphiques », faisant référence aux modèles qui découlent de l'application de techniques électroacoustiques. Dans la première catégorie, il donne l'exemple de l'analyse d'enregistrements de la voix récitant le texte face à des résonateurs tels que des gongs, pour ensuite les analyser et générer des centaines d'accords, qui sont ensuite classés en fonction des degrés d'harmonicité ou d'inharmonicité (Figure 11). Ces accords vont structurer l'harmonie de la pièce, et l'analyse des rythmes de la récitation générera les patterns, comme une sorte de « *talea* ».

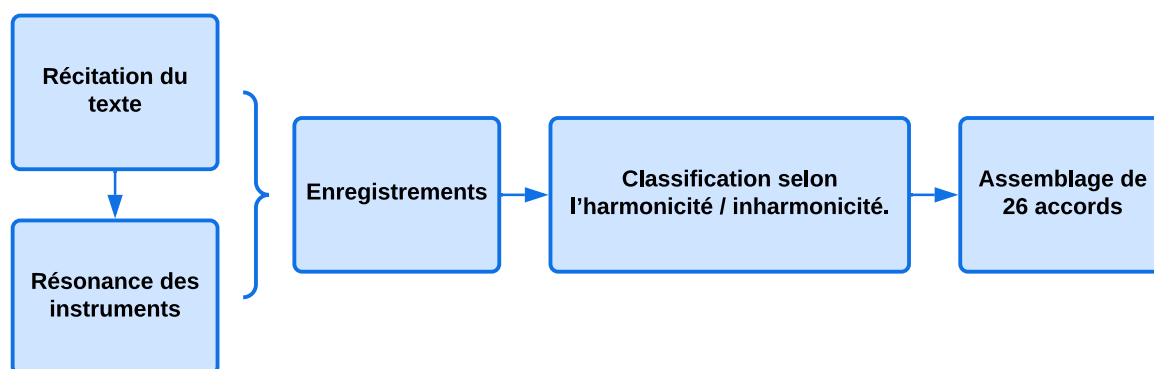


Figure 11 : *Processus de création d'accords à partir d'enregistrements sonores.* [Schéma]²⁸².

²⁸² LEROUX, P. (2008). *The Model of the Model in VOI(REX)*. *Op. cit.*, p. 156.

Dans la catégorie des « modèles technomorphiques », Leroux mentionne des techniques de filtrage, *Doppler* (Figure 12), et de *freezing*, qui sont appliquées comme modèle pour générer des matériaux dans l'écriture de la partition. Les principes de ces techniques électroacoustiques sont appliqués pour traiter le matériel en notation musicale. Ces procédures de transposition technique sont facilitées par l'utilisation d'*OpenMusic*. L'exemple de ce que nous pouvons voir ici en est une illustration :

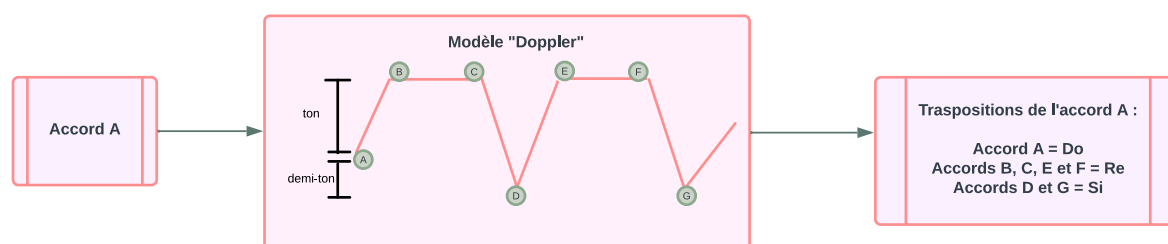


Figure 12 : Le modèle de l'effet Doppler, appliqué à la transposition musicale. [Schéma]²⁸³.

« *The main interest of this confrontation between the model and itself lies in the new modes of écriture it may generate*²⁸⁴ ». Les interfaces homme-machine facilitent ainsi ce processus de traitement du modèle, permettant de découvrir des formes parfois impensables, qui conduisent à imaginer à leur tour des modèles de modèles, générant ainsi une sorte de boucle mimétique d'exploration et de jeu. Cet exemple montre une variété de modèles de différentes sortes, sonores, graphiques, technologiques, utilisés par le compositeur pour élaborer les matériaux de composition de son œuvre, qu'il développera ensuite en appliquant des techniques de composition pour constituer la totalité de l'œuvre. Ces aspects, ainsi que ce que Leroux appelle, la mise en abyme du modèle, en utilisant le modèle du modèle, apparaîtront dans cette étude, appliqués aux processus créatifs correspondants.

4.5. Récits sur le modèle de vitalité dans la psychologie de Daniel Stern

Après avoir observé certains exemples d'application du concept de modèle dans le travail des compositeurs de musique contemporaine, nous ferons référence à deux concepts

²⁸³ *Ibid.*, p. 162.

²⁸⁴ (« L'intérêt principal de cette confrontation entre le modèle et lui-même réside dans les nouveaux modes d'écriture qu'elle peut engendrer ».) [Traduction personnelle]
 LEROUX, P. (2008). *The Model of the Model in VOI(REX)*. *Op. cit.*, p. 164.

totallement distincts, l'un occidental et l'autre oriental, qui concernent deux notions que je considère comme pertinentes pour aborder et clarifier ma démarche de composition fondé sur des modèles issus de la nature. Le premier, concerne le psychologue Daniel Stern, qui présente l'idée des « formes de vitalité », qui peut être utile pour comprendre l'approche « synesthésique » de la production de formes artistiques à partir d'un même code informatique multimodal. Nous pouvons également l'associer à la composition de masses sonores, en termes de travail avec des macro-structures musicales comme structurantes de la forme musicale. Le deuxième, provient de la philosophie et concerne directement la nature, mettant l'accent sur l'aspect du mouvement continu et de la variation, qui produit en conséquence une variété de motifs observables dans les formes naturelles. Ainsi, un concept se concentre sur la manifestation matérielle des formes dans la nature, attribuant une sorte de principe fondamental qui organise et se complète avec cette forme matérielle, et l'autre concept met l'accent sur notre perception des formes, comme quelque chose qui se passe au niveau de la perception cognitive, pour ensuite le transférer à d'autres domaines en dehors de la psychologie, comme dans le cas de l'art.

Nous examinerons l'idée d'un modèle dynamique en reprenant le concept des « formes de vitalité » proposé par Daniel Stern, qui pourrait englober l'ensemble des formes décrites de manière générale, sous l'angle de la psychologie, et qu'il élargit également à d'autres disciplines telles que l'art dans son ouvrage intitulé « *Les formes de vitalité. Psychologie, arts, psychothérapie et développement de l'enfant* »²⁸⁵. Il y fait référence comme une manifestation de vie que nous percevons subjectivement en nous-mêmes et dans notre environnement, comme une conséquence de l'interaction entre le mouvement, le temps, la force, l'espace et l'intention/direction. Le mouvement est perçu comme ayant une forme et un profil temporel animé par une force, et manifestant un début, un développement vers une chose particulière, avec une certaine intentionnalité, et une fin.

Stern emploie le concept de *Gestalt* pour exprimer que la vitalité est un ensemble holistique. La combinaison du mouvement, du temps, de la force, de l'espace et de l'intention ou encore de la directionnalité, forme une vaste Gestalt globale qu'il nomme « structure dynamique fondamentale quintuple », à travers laquelle nous appréhendons la forme de vitalité. Ces formes, principalement caractérisées par leur aspect plutôt que leur contenu, représentent la manifestation première de chaque être et sont indispensables à la survie de tout organisme

²⁸⁵ STERN, D. N. (2010). *Les formes de vitalité. Psychologie, arts, psychothérapie et développement de l'enfant*. Odile Jacob, 224 p.

vivant dans son environnement. D'après l'auteur, elles nous permettent d'aborder l'expérience subjective de manière holistique en simplifiant le processus d'adaptation²⁸⁶.

Un autre élément des formes de vitalité présentées par Stern concerne leur présence dans l'action psychologique et mentale. La manière dont nous pensons, éprouvons des émotions et élaborons notre esprit suit également ces configurations temporelles, déployant des dynamiques d'intensité dans le temps (Figure 13). Même au sein du mouvement mental imaginaire, une certaine forme de vitalité est créée, analogue à celle qui engendre l'action réelle en elle-même²⁸⁷.

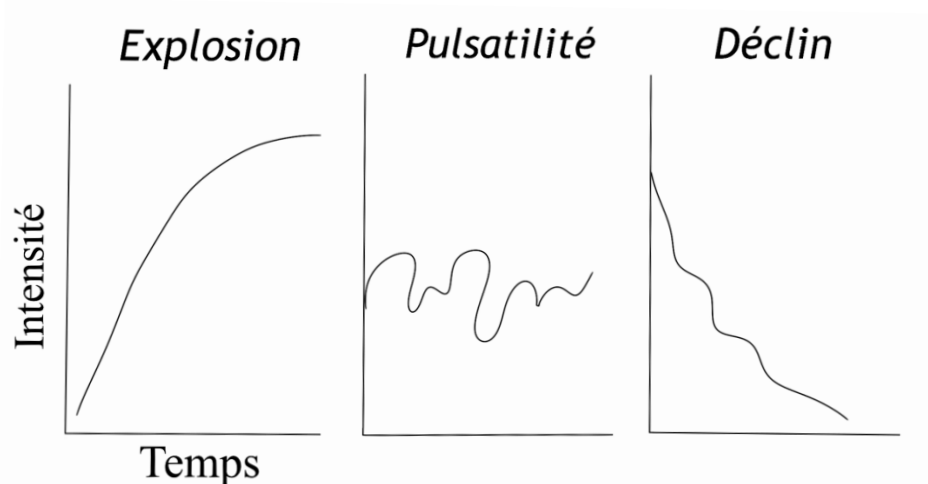


Figure 13 : Exemple de courbes de temps/intensité (force) de trois formes de vitalité possibles [Illustration]²⁸⁸.

Les mouvements mentaux et physiques sont perçus comme étant provoqués par des forces²⁸⁹. La psychologie évoque des motifs et des intentions, la psychologie cognitive mentionne des valeurs, la psychanalyse traite de désirs et de pulsions, l'éthologie se réfère au déclenchement d'une activation, et la philosophie aborde la notion de volonté²⁹⁰. Stern précise que pour évoluer de cette phase d'intention, d'impulsion, etc., vers l'action, les structures cognitives facilitant l'expérience des formes de vitalité sont en grande partie les systèmes d'éveil. Ceux-ci déterminent le moment et la dynamique de la survenue de l'événement. L'excitation constitue la force soutenant l'activation, l'intensité et la durée de presque toutes nos actions. Grâce à l'acheminement produite par le système d'excitation, le contenu acquiert

²⁸⁶ *Ibid.* p. 14.

²⁸⁷ *Ibid.* p. 17-19.

²⁸⁸ STERN, D. N. (2010). *Les formes de vitalité. Psychologie, arts, psychothérapie et développement de l'enfant. Op. cit.*, p. 17.

²⁸⁹ *Ibid.* p. 33.

²⁹⁰ HAGGARD, P. (2008). *Human volition : towards a neuroscience of will.* Nature : Reviews/Neuroscience, 9, p. 934-946.

une « forme de vitalité ». Selon l'auteur, nous le percevons comme un événement holistique, mais il reste dissociable. « La représentation dynamique doit encoder la vitesse, l'intensité, la durée, le rythme et la directionnalité, avec toutes ces variations. La représentation du contenu doit encoder le mode d'origine du stimulus, les raisons de l'expérience, les objectifs et le sens²⁹¹ ».

Stern dédie une section intégrale de son ouvrage aux formes de vitalité dans les formes d'arts, affirmant que ces formes dynamiques constituent leur espéranto, leur permettant de communiquer entre elles. En ce qui concerne la musique, l'auteur souligne que les formes dynamiques sont elles-mêmes inscrites dans la partition. Avant tout, dans le domaine de l'interprétation, c'est la forme dynamique de la vitalité propre à chaque artiste qui distinguera son interprétation de celle des autres, et qui distinguera une exécution purement technique d'une performance hautement expressive. Ce qui différencie les formes dynamiques produites dans le cadre artistique de celles qui apparaissent dans la vie quotidienne, c'est que l'art met en scène des formes de vitalité « sous une forme relativement épurée », des formes qui ont été travaillées et répétées longuement. Lors de l'expérience d'une œuvre, nous vivons les différents modes d'excitation dans chaque unité expérientielle de l'œuvre, mettant en évidence les instants fluctuants de tension et de relâchement. Ces formes émanent à la fois de l'artiste et du public selon l'auteur.²⁹²

L'ensemble des formes d'art collaborant ensemble apporte un répertoire commun de formes de vitalité, possédant une nature « métamodale » propre à tous les arts. Il cite comme exemples notables l'œuvre de Wagner au XIXe siècle et sa quête de nouvelles formes d'art total, les collaborations symbolistes entre poètes, peintres et acteurs (Baudelaire, Mallarmé, Bonnard, Seurat, etc.) ; le début du XXe siècle avec la coopération entre chorégraphes, compositeurs et peintres lors des ballets russes à Paris (Diaghilev, Stravinsky, Debussy, Ravel, Prokofiev, Hoffmanstahl, Cocteau, Nijinsky, Balanchine, Picasso, Braque, Matisse) ; la fusion des arts des ballets suédois englobant danse, poésie, décors, costumes, cinéma, scénographie, etc. ; l'école Bauhaus en Allemagne rassemblant peintres, sculpteurs, architectes, dramaturges, musiciens et psychologues (Kandinsky, Paul Klee, Josef Albers et Lazlo Moholy-Nagy, etc.), cherchant à unifier tous les arts dans une "unité idéale pour la construction de l'avenir" ; la collaboration au XXe siècle entre John Cage, le pianiste David Tudor, le chorégraphe Merce Cunningham et le peintre Robert Rauschenberg, suivant une approche opposée à celle de la

²⁹¹ STERN, D. N. (2010). *Les formes de vitalité. Psychologie, arts, psychotérapie et développement de l'enfant*. *Op. cit.* p. 37.

²⁹² *Ibid.*, p. 95-128.

« totalité wagnérienne », visant à réaliser une dissolution multimodale et une déconstruction des formes établies. Cette démarche permet de réunir ces arts tout en les maintenant indépendants les uns des autres, évitant ainsi la narration et les conventions établies. Toutes ces collaborations sont, selon Stern, fondées sur l'existence de ces formes de vitalité à un niveau fondamental, comme un langage « métamodal » commun²⁹³.

4.6. Les modèles dynamiques de la nature selon la philosophie néoconfucienne

Un concept analogue à celui des formes de vitalité de Daniel Stern, mais appliqué particulièrement à la nature, et en liant un « principe » aux manifestations « matérielles », peut être retrouvé sous l'appellation de *Li*, un concept introduit par la philosophie chinoise néoconfucéenne. Il fait référence à l'ordre sous-jacent de la nature, se manifestant à travers ses formes en constante évolution. Le terme *Li* peut être traduit par « principe rationnel », « loi » ou « règles organisationnelles »²⁹⁴.

Chhên Chhun (1155-1223), un disciple de Chu Hsi, écrit dans son célèbre « dictionnaire philosophique » : « *Li 'principle' and tao 'Way' are by and large the same thing but since there is a division into two characters*²⁹⁵ ». Joseph Needham caractérise l'attribut de *Li* dans la nature comme une extension de la signification de « pattern visible » (Figure 26), les dispositions d'une chose, sa capacité à révéler certaines qualités à des moments précis. Parmi les attributs fixes, on retrouve ceux d'être persistant ou périssable, mort ou vivant, prospère ou en déclin. Ces attributs des choses se combinent pour former une *Gestalt* unique²⁹⁶.

Bien que le monde naturel puisse paraître, à première vue, démesuré en termes de diversité et de complexité, des régularités le traversent. Ces régularités sont présentes partout dans la nature, le comportement humain et l'histoire ancienne. Il s'agit d'un ordre asymétrique, non répétitif et non régularisé qu'on retrouve dans les motifs de l'eau en mouvement, les formes

²⁹³ *Ibid.*, p. 98-125.

²⁹⁴ YU-LAN, F. (1997). *A short history of Chinese philosophy: a systematic account of Chinese thought from its origins to the present day* (Derk Bodde). The Free Press. p. 409-413 Consulté 18 septembre 2022, à l'adresse <https://www.scribd.com/book/335820154/A-Short-History-of-Chinese-Philosophy>

²⁹⁵ (« *Li* « principe » et *tao* « voie » sont en général la même chose, mais puisqu'il y a une division en deux caractères ») [Traduction personnelle]

NEEDHAM, J. (1998). *Science and civilisation in China. Vol. VII : 1, by Christoph Harbsmeier* (p. 238). Cambridge University Press.

<https://s3.amazonaws.com/arena-attachments/353576/c586739e8411ec68bd3d4d7b2249849d.pdf>

²⁹⁶ NEEDHAM, J. (1998). *Science and civilisation in China. Vol. VII : 1, by Christoph Harbsmeier* (p. 238-241). Cambridge University Press.

<https://s3.amazonaws.com/arena-attachments/353576/c586739e8411ec68bd3d4d7b2249849d.pdf>

des arbres et des nuages, les cristaux du givre sur la fenêtre, ou la dispersion des cailloux sur le sable de la plage²⁹⁷. Il représente plutôt l'ensemble des motifs omniprésents, dynamiques, qui parcourent la nature. Cet ordre ne correspond pas à une organisation géométrique des éléments dans l'espace. Lorsque nous observons une plante, nous discernons un ordre en elle, mais cet ordre n'est ni parfaitement symétrique ni géométrique. Dans la langue chinoise, le caractère *Li* peut signifier « les marques du jade », le « grain dans le bois » et la « fibre dans le muscle »²⁹⁸ (Figure 14).



Figure 14 : Romay, R. (2023) « *Patterns* » dans la nature. [Photographie modifiée].

²⁹⁷ WATTS, A. (2011). *Tao: The Watercourse Way* (p. 21-26). Souvenir Press.
https://fr.scribd.com/read/369838348/Tao-The-Watercourse-Way-The-Watercourse-Way#_search-menu_885528

²⁹⁸ WATTS, A. (2022) *The Tao Philosophy (Part 7)*. Consulté 20 novembre 2022, à l'adresse
<https://alanwatts.org/transcripts/the-tao-of-philosophy-7/>

Zhu Xi (1130 - 1200), considère le *Li* en lien indissociable avec le « *Qi* ». Zhu Xi était un philosophe de la dynastie Song du Sud, était considéré comme l'un des Douze Philosophes et joua un rôle majeur dans la renaissance du confucianisme, qui avait été éclipsé depuis l'époque des Six Dynasties par l'expansion du bouddhisme. Lui et ses disciples ont établi ce qui est aujourd'hui reconnu comme le canon confucéen : les Quatre Livres (Les entretiens de Confucius, les écrits de Meng tzeu, la Grande Étude et l'Invariable Milieu) et les Cinq Classiques (le Livre des Odes, le Livre des Documents, le Livre des Mutations, le Livre des Rites et les Annales des Printemps et Automnes²⁹⁹). Zhu Xi, dans sa conception naturaliste du monde, abordait deux idées fondamentales et indissociables : *Li* et *Qi*. Son école, appelée « Cheng-Zhu » ou « l'École du *Li* », affirmait que le *Li* (principe) et le *Qi* (force matérielle) (aussi appelée *Chi*) étaient interdépendants pour créer les structures de la nature et de la matière. Sans force matérielle, il n'y aurait rien pour qu'un principe puisse s'instaurer afin de régir les transformations du monde physique. Sans *Li* il n'y aurait pas de gouvernance des interactions du « yin » et du « yang » qui produisent. Le *Li* est éternel et immuable, tandis que le *Qi* change constamment de forme, en raison d'un processus infini d'expansion et de contraction. Le *Li* est incorporel et immatériel, et le *Qi* peut prendre une forme corporelle. Le principe (*Li*) représente la réalité ultime et constitue une unité absolue. Il est également la cause des transformations du *Qi*. Toutes les innombrables choses de l'univers sont des transformations du *Qi*³⁰⁰. Dans le passage du temps, où le changement est constant, le ciel, la terre et tous les innombrables éléments de l'univers évoluent en quatre étapes : l'origine (*origin*), l'épanouissement (*flourishing*), l'avantage (*advantage*) et la fermeté (*firmness*)³⁰¹. « L'alternance et la combinaison du yang et du yin génèrent l'eau, le feu, le bois, le métal et la terre. Ces cinq [phases du] *qi* étant harmonieusement disposées, les quatre saisons se déroulent à travers elles³⁰² ».

La philosophie de Zhu Xi postule que nous pouvons révéler la raison d'être de tout ce qui constitue l'univers en étudiant minutieusement le principe de la nature. Comprendre le principe de la nature, c'est saisir l'essence des choses et révéler leur finalité :

²⁹⁹ MEYNARD, T. (2011). *La première traduction des Entretiens de Confucius en Europe : Entre le li néo-confucéen et la ratio classique*. Études chinoises. 漢學研究, 30(1), p. 173-192. <https://doi.org/10.3406/etchi.2011.961>

³⁰⁰ ROY, R. (1988). *Être et êtres chez deux philosophes du XIIIe-XIIIe siècles : Zhu Xi et Thomas d'Aquin*. Laval théologique et philosophique, 44(1), p. 106–108. <https://doi.org/10.7202/400362ar>

³⁰¹ SCOTT, A. (2006). *Zhu Xi, on Principle as the Nature of Reality*. Consulté 25 novembre 2022, à l'adresse <https://www.angelfire.com/md2/timewarp/zhuxi.html>

³⁰² ZHOU, D. (2009). ADLER, J. A. Trad. *Explanation of the Supreme Polarity Diagram (Taijitu Shuo)*. p. 6. Consulté 22 novembre 2022, à l'adresse <https://www2.kenyon.edu/Depts/Religion/Fac/Adler/Writings/TJTS-Zhu.pdf>

Zhu Xi's philosophy is rationalistic in affirming that we can discover the reason for everything in the universe if we fully investigate the principle of nature. To know the principle of nature is to understand the nature of things, and it is to discover their destiny. There is nothing in which there is not a principle of nature³⁰³.

Zhu Xi met en avant le principe de *Li* comme forme dynamique sous-jacente qui en complémentarité avec la force matérielle de *Qi*, crée tout ce qui existe dans la nature. Les changements sont continus, ils signifient production et reproduction, où *Ch'ien* (*yang*) représente l'achèvement des formes, tandis que *k'un* (*yin*) symbolise leur modélisation. Ces principes constitueront une source d'inspiration durant toutes les étapes du processus lié à cette recherche, en considérant les flux d'information tels un *Li* et les objets sonores issus des processus de transcodage, intégrés dans un discours musical, comme des *Qi* en constante évolution, en envisageant des formes musicales ouvertes et interactives. Ce modèle d'interaction, deviendra à la fois un échange entre les dispositifs conçus pour mettre en musique ces flux d'information et moi-même, en modelant le résultat musical par l'écoute et l'interaction. Entre audition et action, au sein d'un aller-retour entre pratique musicale et composition, une série d'œuvres verra le jour, telles des variations sur ces motifs naturels, renouant avec l'idée de mise en abyme du modèle. Dans une phase ultérieure, il s'agira de saisir, par apprentissage, ces « principes » caractéristiques et multiples qui définissent ces modèles dans la nature, tels un ensemble de métadonnées et d'états possibles des informations dans un champ de possibilités.

³⁰³ (“La philosophie de Zhu Xi est rationaliste en ce qu'elle affirme que nous pouvons découvrir la raison de tout ce qui existe dans l'univers si nous étudions à fond le principe de la nature. Connaître le principe de la nature, c'est comprendre la nature des choses et découvrir leur destin. Il n'y a rien dans lequel il n'y ait pas de principe de nature.”)

SCOTT, A. (2006). *Zhu Xi, on Principle as the Nature of Reality*. Consulté 25 novembre 2022, à l'adresse <https://www.angelfire.com/md2/timewarp/zhuxi.html>

Chapitre 5 – La composition microtonale à partir de métadonnées

Les systèmes musicaux constituent un ensemble intégré, composé d'objets sonores, de structures, de relations et de formes, élaborés pour inscrire des créations musicales dans cet univers. Ils représentent une sorte de « mythe de soi »³⁰⁴ à la fois pour le compositeur qui l'établit et pour la société dans laquelle le système s'installe à un moment donné de l'histoire, au sein d'une culture spécifique. Selon François-Bernard Mâche, ces systèmes émanent du niveau mythique, une profondeur de la vie psychique d'où émergent des images primordiales. La notion de « modèle » offre un terrain propice à l'interprétation de ces images, à travers les imaginaires individuels et collectifs³⁰⁵.

Pour moi, le modèle dans le contexte de la composition musicale est ce que nous percevons comme une forme préexistante au moment de la création de l'œuvre, qui peut consister en une logique organisant les éléments, une forme dynamique globale ou « Gestalt » qui évolue d'une manière déterminée dans le temps, un concept, un genre, un système musical, une structure constituée de proportions et des relations. La définition la plus proche que je trouve de cela est ce que Daniel Stern décrit dans un sens général comme des « formes de vitalité ». Bien que cela se rapproche principalement de l'aspect dynamique de ces modèles. De la même manière, à l'intérieur de ces formes dynamiques qui évoluent avec une empreinte caractéristique, une diversité de modèles peut être présentée en termes de densités, de timbres. Par exemple, si nous pensons au son d'une rafale de vent, nous pouvons l'associer par sa ressemblance au début d'une pluie qui éclate soudainement. Leurs formes dynamiques sont similaires, bien que dans le cas du vent, nous percevons un timbre plus lisse et dans le cas de la pluie, plus rugueux en raison de l'articulation des sons des gouttes d'eau. De même, nous pouvons penser à un passage musical avec une forme dynamique similaire, par exemple le thème de l'« *Allegro agitato e presto* » de l'ouverture de *La Forza del destino* de Giuseppe Verdi, ou encore à une peinture comme *La Nuit étoilée* de Van Gogh. Dans ce même sens « synesthésique », j'ai abordé les modèles dans la nature, dans le but de rechercher d'abord un équivalent sonore de ces structures sous forme dynamique. Pour cela, j'ai décidé de me concentrer sur les variations d'une série de paramètres, liées à l'état des éléments observés, qui représentent par leur évolution, la Gestalt de cet ensemble, composé à l'intérieur par différentes

³⁰⁴ MILNER, M. (1966). *Review of Des Métaphores obsédantes au Mythe personnel. Introduction à la Psychocritique. Op. cit.*, p. 353-355.

³⁰⁵ MACHE, F-B. (2001). *Musique au singulier. Op. cit.* p. 169-177.

proportions entre ces éléments. Dans ce processus de transcodage de ces modèles en formes musicales par l'intermédiaire de dispositifs électroniques et informatiques, je me suis retrouvée dans tous les cas dans la situation de « filtrer » et de classer ces données, car les valeurs analysées circulent évidemment de manière continue et en quantité. Pour cela, initialement, les trois principaux critères consistaient en la classification des données par des métadonnées structurelles attribuées à différents timbres, le degré de variation des données comme générateur de rythme, et à un stade ultérieur, de passage de formes interactives à des formes instrumentales, l'extraction de motifs musicaux en fonction de leurs caractéristiques « musicales », comme c'est souvent le cas des mélodies qui sont produites par la synchronie des variations entre les différents paramètres, générant une sorte de « *hoquetus* » ou « mélodie de timbres ». Chaque cas sera examiné plus attentivement plus tard dans cette étude.

Pour passer des formes interactives à une deuxième instance de travail avec les modèles, j'ai souvent utilisé la génération de partitions comme un moyen de conserver une « trace » de ces productions. Pour cela, une notation microtonale a été utilisée afin d'avoir une version approximative des relations et proportions de ces variations dans les modèles. Ainsi, je capturais cette variation irrégulière dans les états des éléments analysés de la nature et la transposais dans la notation. Dans ce chapitre, je parlerai de la microtonalité, comme quelque chose de répandu et courant dans différentes cultures du monde. Pour cela, en commençant par l'Occident, nous passerons ensuite à quelques exemples d'autres cultures où son utilisation concerne souvent un lien avec la nature et avec l'identité sociale et culturelle.

Créer un système musical consiste à concevoir un ensemble holistique, une forme de vitalité, qui propose un déploiement des formes, des forces, et des interactions, une manière de vivre le temps à travers l'expérience sonore. Composer consiste à assembler ces éléments dans ces systèmes sous forme de timbres, mélodies, rythmes et dynamiques, de manière à représenter un tout cohérent, qui émerge de modèles pour devenir lui-même un modèle. Dans le cas de cette étude, la proposition du vécu amène à se rapprocher de la nature, à travers une interprétation personnelle des formes sous-jacentes du vivant. Rien ne privilégie un modèle plus qu'un autre comme fondement sur lequel construire la musique. François-Bernard Mâche questionne cet aspect en réfléchissant sur l'ambiguïté du mot « nature » ou « naturalité » dans la musique. Selon lui, les efforts pour concilier théorie et pratique sont souvent considérés comme des « acrobaties intellectuelles » :

Durant des siècles, la musique était opposée au bruit selon des critères acoustiques. Pendant le Moyen Âge, on raisonnait sur les proportions des intervalles à partir du monocorde hérité de Pythagore, tandis que l'exactitude des intervalles n'était pas en essor dans la

polyphonie. Rameau crut trouver une voie permettant d'intégrer nature et culture avec une légitimation acoustique des pratiques harmoniques. Beaucoup plus tard, au XXe siècle, avec la découverte des autres musiques du monde les compositeurs ont découvert que beaucoup d'autres systèmes s'étaient développés sans aucune théorie préalable, et ne correspondait pas aux critères dits « naturels » en Europe. L'échelle tempérée utilisée dans la musique européenne depuis le XVIIIe siècle n'était pas « naturelle » non plus et aucun tempérament inégal illustrait la pratique musicale. Les échelles étaient déterminées « après coup », simplifiant les intervalles utilisés dans différentes cultures, du même que l'art des luthiers reposait sur ces pratiques empiriques. La connaissance de l'acoustique naturelle repose sur des fonctions analytiques, mais n'a jamais été à la source des musiques pratiquées³⁰⁶.

Jouer juste ne dépend d'aucune loi acoustique, sinon celles que l'on essaie de déterminer secondairement, d'après l'observation des pratiques musicales. Au lieu de se régler sur l'acoustique physique, on pourrait se référer à l'expérience vécue de la nature, à une phénoménologie sonore³⁰⁷.

Bien que Mâche fonde ses travaux sur trois grands types de modèles : « les modèles issus de l'homme et de son langage, les modèles d'origine inerte (eau, feu) et les modèles d'origine animale³⁰⁸ », les efforts se concentreront dans cette étude sur les modèles issus de la nature (y compris ceux qui découlent de l'observation de l'être humain). Nous tenterons de saisir une interprétation de l'idée d'un principe immanent (*Li*) dans le domaine naturel, lié à une force matérielle (*Qi*), générant divers motifs et consolidant des formes (*Ch'ien* ou *yang*) en mouvement et en changement constant. Ces formes sont modélisées (*k'un* ou *yin*) en tant que résultat d'une manifestation vitale, se déployant à travers les interactions entre le mouvement, le temps, la force, l'espace et l'intention ou la direction, comme décrit par Daniel Stern.

Certaines des caractéristiques que Erich Hornbostel identifie dans la musique des peuples autochtones ou indigènes de la Terre de Feu (Selk'nam, Yámana et Kawéskar), et qui sont applicables à de nombreuses autres communautés autochtones, sont le rythme du « trochée dynamique » qui, contrairement aux tendances occidentales, évite la levée, la manière énergique de chanter résultant des accents, phonèmes et intentions, une descente progressive du thème principal (« motif en escalier »), une « montée » de phrase en phrases successives et de déviations mélodiques constantes tout au long d'une chanson, qu'il indique dans ses

³⁰⁶ MACHE, F-B. (2001). *Musique au singulier*. *Op. cit.* p. 179-182.

³⁰⁷ *Ibid.* p. 181.

³⁰⁸ TIFFON, V. (1992). *L'œuvre mixte de F.B. Mâche. Un modèle du genre*. *Op. cit.* p. 97.

transcriptions par des « + » (*sharpens*) et des « - » (*flattens*) sur les notes, équivalant jusqu'à un quart de ton³⁰⁹. La musique des peuples autochtones joue un rôle essentiel dans leur représentation d'une forme de connexion avec la nature, abondant leur spiritualité et l'identité sociale. Elle sert de moyen de communication et d'expression, renforçant la cohésion culturelle et la compréhension du monde qui les entoure. Ces peuples partagent un respect profond et une appréciation de leur environnement qui se reflète dans leurs pratiques musicales souvent mimétiques. La musique est utilisée pour honorer les éléments naturels, les cérémonies et rituels et leur appartenance à la communauté et pour communiquer avec les ancêtres. Les instruments et les techniques vocales employés dans ces cultures sont souvent inspirés par les sons et les rythmes de la nature, reflétant ainsi la place centrale qu'elle occupe dans leur vie quotidienne et leur vision du monde. Dans toutes ces cultures, la musique est également un moyen d'enseigner et de transmettre les histoires, les mythes et les légendes, assurant ainsi la pérennité de leur patrimoine culturel et spirituel. Les chants et les récits musicaux sont souvent porteurs de messages et de valeurs morales qui guident leur vie.

Il est intéressant de souligner comment apparaissent dans cette musique ce que Mâche considère comme des « universaux ». Parmi ceux-ci, on note notamment la répétition, l'ostinato, la polyphonie animale et la variation³¹⁰. Concernant ce dernier aspect, la variation, nous constatons une concordance avec les formes dynamiques de la nature, manifestées par des motifs qui se modifient avec de légères variations en permanence, créant à la fois une idée de répétition, avec de petits changements qui interviennent dans leur forme. Nous pouvons déduire que cela découle de leur étroite relation spirituelle, cosmologique et vitale avec la nature, et aussi en tant qu'acte réflexe de la mimésis innée à l'être humain. Ces légères variations mélodiques et rythmiques sont souvent transcrites par les ethnomusicologues dans un langage tonal, qui ne reflète malheureusement pas l'essence de ces colorations musicales. Dans de rares cas, nous disposons d'enregistrements sonores de ces populations qui nous permettent d'avoir une version plus fidèle de ces chants. Dans ce contexte, l'utilisation de la microtonalité permettrait de discerner avec plus de précision ces inflexions, bien que nous comprenions que les fluctuations varient d'une interprétation à l'autre, car l'interprète doit apporter une touche personnelle à sa version de la chanson, et aussi à travers le temps, car il s'agit de cultures de tradition orale.

³⁰⁹ VON HORNOSTEL, E. M. (1936). *Fuegian Songs*. *American Anthropologist*, 38(3), 357-367. <https://www.jstor.org/stable/662181>

³¹⁰ MACHE, F-B. (2001). *Musique au singulier*. *Op. cit.* p. 189-278.

Dans cette perspective, la microtonalité sera abordée dans le processus de transcodage des modèles de la nature appliqués à la composition musicale. Les principes reflétés dans cette musique autochtone, en ce qui concerne le matériel mélodique, la répétition et la variation, peuvent également être observés dans le rythme du changement dans la nature. Nous le constatons en mesurant des paramètres environnementaux et organiques, car les changements se produisent, dans des conditions normales, par de légères variations. Saisir le principe sous-jacent de ces changements, manifestés de manière sensible, nous a amenés à repenser l'aspect « multimodal » des formes de vitalité mentionnées par Stern. Le code informatique a donc été choisi, en raison de ses caractéristiques également « multimodales », pour transcoder ce flux de variations dans la nature.

La réalité et son équivalent numérique représentent un flux de nombres, qui sont ensuite organisés afin de mimer ces formes dans la nature et de les convertir en musique. Pour ce faire, nous utiliserons les métadonnées, qui peuvent être définies comme des « données sur les données » de tout type de média. Plus particulièrement, nous nous appuyerons sur les métadonnées structurelles, qui décrivent la structure des ensembles de données, déterminant ainsi quelle variable apparaît où, quelles sont les hiérarchies et quel type de données est concerné³¹¹. Cela permettra de créer un « *analogon* » musical, la musique étant un système d'éléments, de relations et de hiérarchies. Le principe n'est pas, à priori, d'inventer les données, mais de les découvrir dans la nature et d'entrer en dialogue avec elles à travers le langage multimodal du code numérique.

5.1. Un aperçu de la microtonalité

La microtonalité implique l'emploi d'intervalles inférieurs au demi-ton présent dans les gammes diatoniques et chromatiques de la musique occidentale. Bien que ses racines se trouvent dans la Grèce antique, c'est au cours du XX^e siècle que cette notion émerge en Occident, en raison de l'essor des pratiques alternatives caractéristiques de cette époque³¹².

³¹¹ GREGORY, A., HEUS P. & RYSSEVIK, J. (2010). *Metadata*. In *Building on Progress* (1^{re} éd., p. 489-497). Verlag Barbara Budrich. <https://www.jstor.org/stable/j.ctvbkk43d.30>

³¹² RIVERA MATUS, J. M. (2022). *Estudio analítico de la música microtonal del siglo XX* (p. 13) [Tesis para obtener el grado de Maestro en Música]. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/52583/RiveraMatusJose.pdf?sequence=3>

En remontant aux origines de la formalisation des gammes musicales en Occident, on découvre Pythagore de Samos (569-475 av. J.-C.) et son maître Thalès de Milet (570-497 av. J.-C.), piliers de la pensée mathématique dans notre culture. Les écrits les plus anciens relatifs à la doctrine pythagoricienne proviennent de fragments attribués à Philolaos de Crotone (Ve siècle av. J.-C.) et Archytas de Tarente (IVe siècle av. J.-C.). Ce dernier est notamment à l'origine d'une classification préliminaire du canon musical en trois genres distincts : diatonique, chromatique et enharmonique³¹³.

Au cours de l'Antiquité, les premiers écrits grecs sur l'harmonie ont émergé avec des références notables à l'école pythagoricienne. Des traités importants ont été rédigés durant l'ère chrétienne, tels que ceux de Nicomaque de Gérase, Claude Ptolémée et Aristide Quintilien. Au Moyen Âge, Boèce Boethius a été un érudit influent de la tradition platonicienne et a contribué à la diffusion de l'interprétation pythagoricienne. L'étude de Christian Meyer, « *Mensura Monochordi* » (IX^e-XV^e siècles), examine les traités musicaux écrits entre 1000 et 1500 ap. J.-C. et classe les divisions du canon en trois grands groupes, le genre diatonique avec accord pythagoricien, le genre diatonique avec intonation juste et ceux qui englobent les genres chromatiques et enharmoniques. Le terme « accord » ou « intonation » est employé dans ce contexte pour caractériser des systèmes tels que le pythagoricien et le juste, puisque tous leurs intervalles sont exprimés en proportions ou en rapports numériques. En revanche, le mot « tempérament » fait référence à une modification ou un réglage de l'accord, nécessitant des nombres irrationnels pour représenter au moins certains de ses intervalles³¹⁴.

L'intervalle d'octave se produit lorsqu'une corde, appelée « unité », est comparée à un segment égal à la moitié de sa longueur totale. L'intervalle d'octave est basé sur un rapport de 2/1, et la quinte juste sur un rapport de 3/2. Le traité « *Dodekachordon* » (1547) de Henricus Glareanus aborde la construction de l'échelle diatonique pythagoricienne en divisant la corde. En appliquant des opérations mathématiques sur les proportions, on obtient différents intervalles. La même procédure peut être utilisée en se basant sur la fréquence standard actuelle de 440 Hz (FQ(A4)) (FQ= fréquence). Deux quintes justes successives donnent un intervalle composé de neuvième majeure. Cela se traduit, en termes de proportions, par le produit du rapport de l'intervalle de quinte juste 3/2 par lui-même : $(3/2).(3/2) = 9/4$. Ensuite il est possible de simplifier l'intervalle de neuvième majeure en une seconde majeure en diminuant le premier d'un intervalle d'octave : $(9/4) \div (2/1) = 9/8$. Rivera Matus donne un exemple appliqué à la

³¹³ BARKER, A., STEVENS, J., & LE HURAY, P. (1984). *Greek Musical Writings : Volume 2, Harmonic and Acoustic Theory* (p. 304). Cambridge University Press.

³¹⁴ RIVERA MATUS, J. M. (2022). *Estudio analítico de la música microtonal del siglo XX. Op. cit.*, p. 25-28.

longueur d'une corde : Prenons une corde de 7,776 mm de long, qui génère une fréquence (FQ) appelée C. En divisant la corde en neuf parties égales selon la méthode de Glareanus, huit de ces parties mesureront 6,912 mm ($7,776 \text{ mm}/9 \times 8 = 6,912 \text{ mm}$). Ce fragment de corde est directement lié à la proportion 9/8 et le ton entendu est D, à une distance de seconde majeure de C : $(8/9)(7,776 \text{ mm}) = 6,912 \text{ mm}$, par conséquent, $(9/8)FQ(C) = FQ(D)$.

La même procédure peut être utilisée en se basant sur la fréquence standard de référence de 440 Hz (FQ(A4)). Par exemple, pour calculer l'intervalle de sixte majeure, on le dérive en additionnant l'intervalle de quinte juste et de seconde majeure, soit : $(3/2).(9/8) = 27/16$. Ensuite, on inverse le numérateur et le dénominateur pour changer le sens de l'intervalle de montant à descendant. Ainsi, on obtient la valeur de FQ(C) en Hertz : $(16/27).FQ(440) = 260,74 \text{ Hz}$, ou $(16/27)FQ(A5) = FQ(C5)$. De la même manière, les intervalles suivants sont obtenus en utilisant des opérations mathématiques³¹⁵.

Les termes « diatonique », « chromatique » et « enharmonique », issus des concepts grecs liés à la théorie musicale, servent à décrire les échelles formées dans les trois genres de mélodies et les trois types de tétracordes qui s'y trouvent. Ils se distinguent par la position de deux tons considérés comme mobiles. Par ailleurs, les trois genres partagent l'intervalle de quarte juste avec un rapport de 4/3, qui sert de structure fixe pour l'organisation des tétracordes du « *sýstēma ametábolon* » (Figure 15).

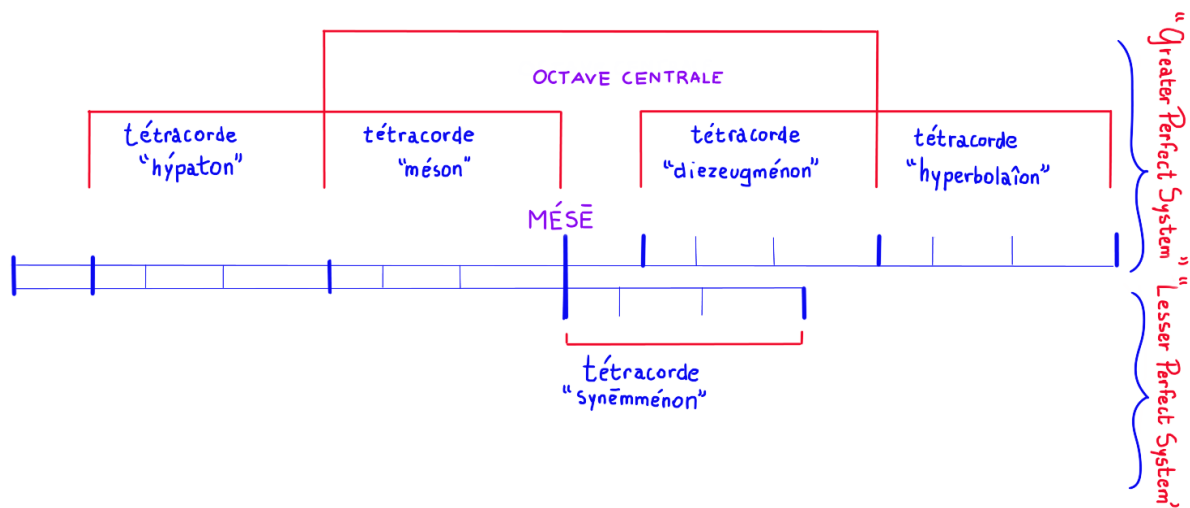


Figure 15 : *Sýstēma ametábolon*. [Schéma créé à partir du diagramme de Hagel, S. (2018)³¹⁶].

³¹⁵ RASCH, R. (2008). *Tuning and Temperament*. In CHRISTENSEN, T. *The Cambridge History of Western Music Theory* (p. 193-222). United Kingdom: Cambridge University Press, 196. In Rivera Matus, J. M. (2022). *Estudio analítico de la música microtonal del siglo XX*. Op. Cit., p. 28-32.

³¹⁶ HAGEL, S. (2018). *Ancient Greek music : a new technical history* (p. 6). Cambridge University Press.

L'accord pythagorien est caractérisé par la dérivation des intervalles du système musical grec à partir des intervalles d'octave $2/1$ et de quinte juste $3/2$. À partir de ces modèles acoustiques, des opérations sont générées pour constituer un système de hauteurs. Un élément important est la discordance causée par la superposition de douze quintes justes $3/2$ et de leur équivalent en sept octaves justes $2/1$, soit $(3/2)^{12} \div (2/1)^7 = 531,441/524,288$. Pour résoudre cela, un « *comma pythagorien* » (Figure 16) équivalente à $int[FQ(C), FQ(B\#)] = 531,441/524,288$ est ajouté à ce système, pour retrouver le « do » à partir de « si# ».

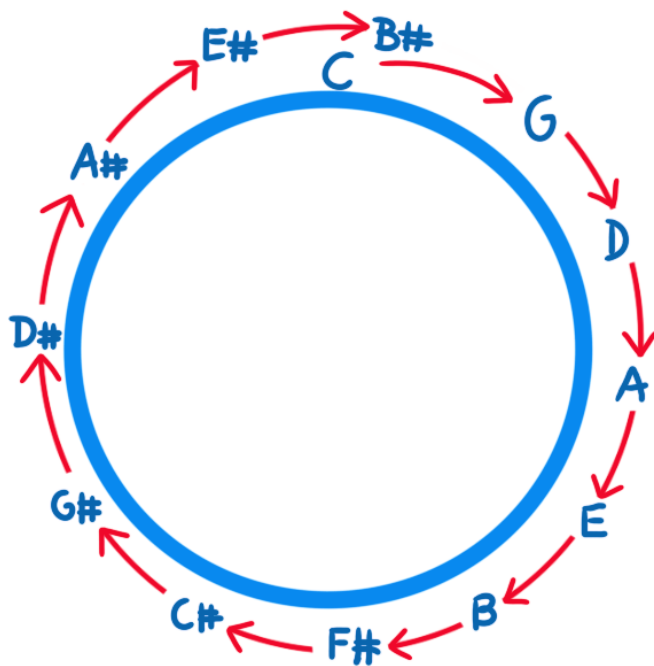


Figure 16 : *Comma pythagorien à travers le cycle des quintes justes.* [Illustration créée à partir du diagramme de Rivera Matus, J. M. (2022)³¹⁷].

Aux IX^e et X^e siècles, seuls les intervalles d'octave juste, de quinte juste et de quarte juste, étaient considérés comme consonants. Ces intervalles étaient appelés « *symphoniae* » et ils étaient utilisés dans l'organum. Avec le temps, d'autres intervalles ont été considérés comme consonants. Au XIII^e siècle, les consonances employées dans la polyphonie incluaient également les intervalles de tierce majeure et mineure. Au XIV^e siècle, la pratique du contrepoint a mené à l'adoption de l'intonation juste. Cette intonation se caractérise par l'utilisation de la tierce majeure avec un rapport de $5/4$, ainsi que l'octave juste et la quinte juste avec des proportions de $2/1$ et $3/2$, respectivement. Cet intervalle avec une raison de $5/4$ se divise en deux intervalles distincts : une seconde majeure « grande » avec une raison de $9/8$ et

³¹⁷ RIVERA MATUS, J. M. (2022). *Estudio analítico de la música microtonal del siglo XX. Op. cit.*, p. 41.

une seconde majeure « petite » avec une raison de 10/9. Cela pour « résoudre » la différence, similaire à la virgule pythagoricienne, concernant la tierce majeure avec un rapport de 5/4, appelée « comma syntonique ».

Gioseffo Zarlino a ajusté les intervalles de l'intonation juste de manière à diminuer de 2/7 de comma syntonique la cinquième juste, de 1/7 les tierces majeures et de 4/7 de coma la seconde majeure 9/8. Cela a permis de « fermer » le cycle des quintes justes, permettant ainsi la modulation vers d'autres tonalités, dans un tempérament appelé « tempérament mesotonique ». En fonction de la répartition des intervalles et de leur réduction, il existe une quinte plus grande que les autres, appelée "quinte du loup". En 1548, Zarlino a commandé à Domenico da Pesaro (1533-1575) la construction d'un clavecin capable de jouer ce tempérament. De son côté, Nicola Vicentino, dans son ouvrage « *L'Antica Musica Ridotta ala Moderna Prattica* » (1555), cherchait à combiner l'expressivité du genre enharmonique grec avec les pratiques polyphoniques de son époque. Il a développé un « *Archiorgue* » et un « *Archicembalo* » pour mettre en pratique sa théorie, en divisant l'octave en 31 parties (diesis), chacune égale à 1/5 de ton.

Le tempérament égal moderne divise l'octave en 12 parties égales (12-TET), chaque partie étant un demi-ton. Son principal avantage est la facilité de modulation dans toutes les tonalités, mais aucun de ses intervalles ne se trouve en relation directe avec la série harmonique, sauf l'octave. Les tierces majeures sont souvent considérées comme trop grandes en comparaison avec les versions de l'intonation juste. Le mathématicien Simon Stevin (1548-1620) a été un des premiers à créer des explications mathématiques (avec des erreurs de calcul) au tempérament égal, à partir de l'utilisation de racines numériques. Le système de tempérament égal divise l'octave en 12 parties égales appelées demi-tons ; il est représenté par l'expression $^{12}\sqrt{2}$ (« 2 » représente l'octave et 12 le nombre de demi-tons). À partir de la référence FQ(A4) = 440 Hz, toutes les fréquences sont calculées pour le tempérament égal en douze parties, en utilisant la formule $f \cdot 2^{n/12}$ (« f » est la fréquence de référence, et « n » est le nombre de demi-tons à partir de cette fréquence). Par exemple :

$$FQ(A_5) = (440) \cdot (2^{0/12}) = 440 \text{ Hz}$$

$$FQ(A^\#) = (440) \cdot (2^{1/12}) = 466.16 \text{ Hz}$$

$$FQ(B_5) = (440) \cdot (2^{2/12}) = 493.88 \text{ Hz}^{318}$$

³¹⁸ RIVERA MATUS, J. M. (2022). *Estudio analítico de la música microtonal del siglo XX. Op. cit.*, p. 25-56.

Alexander John Ellis, dans l'appendice de l'ouvrage « *On the Sensation of Tone* » (1885) de Hermann von Helmholtz (1821-1894), introduit la notion de « *cent* », pour faire référence à une division de l'octave en 1200 parties, dont un demi-ton équivalent à 100 *cents*, qui va à être assez répandue dans la musique. Pour mesurer les *cents* entre deux fréquences, celles-ci sont multipliées avec l'algorithme de base 2 (\log^2) et le nombre de parties pour diviser l'octave ("K") : $\log^2(f1/f2) \times K$. Pour le tempérament égal avec une division de l'octave en douze parties égales, la formule suivante est utilisée : $cents = \log^2(f1/f2) \times 1,200$; ou, : $cents = \log(f1/f2) \times [1200/\log(2)]$. La valeur approximative de $[1,200/\log(2)]$ est = 3,986,3137138648...

Il est également possible d'appliquer la formule aux raisons, en remplaçant les fréquences ($f1/f2$) de la formule par le rapport que l'on souhaite mesurer (18/17) de la manière suivante : $cents = \log(18/17) \times [1200/\log(2)] = 98,954592...$ ³¹⁹

D'après Alain Bancquart, Carlos Agon et Moreno Andreatta, le système tonal est devenu obsolète au XXe siècle pour des nombreux compositeurs³²⁰. Scriabine (1871-1915) est l'un des pionniers à s'émanciper du système tonal, dans son cas, grâce à l'utilisation de modes et d'accords synthétiques. Deux voies principales ont été empruntées par les musiciens du XXe siècle. D'une part, Schoenberg (1874-1951) a développé la série dodécaphonique, un système musical basé sur l'absence des principes hiérarchiques, ouvrant la voie à la technique sérielle. D'autre part, Juan Carrillo (1875-1965) – connu pour sa théorie musicale microtonale « *sonido 13* », Alois Haba (1893-1973) – notamment en déployant des gammes de quarts de ton, de sixièmes de ton et de cinquièmes de ton dans ses quatuors à cordes, et Ivan Wyschnegradsky (1893-1979) – aspirant à un « continuum » sonore par l'exploration de la microtonalité –, ont adopté une approche plus « radicale » en développant des théories pour la composition et la lutherie microtonale, ultra-chromatique, « *pansonore* » et des instruments avec des intervalles allant du tiers au seizième ton³²¹. Au-delà des trois pionniers évoqués précédemment, il est important de mentionner Charles Edward Ives (1874-1954), qui a composé trois pièces pour deux pianos (*Three Quarter-Tone Pieces*, 1904-1924) accordés à une distance de quart de ton, ainsi que Harry Partch (1901-1974), qui a développé un système monophonique de 43 tons par octave et qui est également connu pour avoir inventé divers instruments. *Delusion of the Fury* (1969), est une pièce écrite pour un ensemble des instruments créés spécialement. Partch a influencé d'autres compositeurs dans ce domaine, tels que Ben Johnston (1926-2019) et La

³¹⁹ *Ibid.*, p. 57-58.

³²⁰ BANCQUART, A., AGÓN, C., & ANDREATTA, M. (2011). *Microtonal Composition*. In *The OM Composer's Book 2*, J. BRESSON, C. AGON ET G. ASSAYAG (eds.), Collection «Musique/Sciences», Ircam-Delatour, p. 279. <http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/moreno/AndreattaMicrotonality.pdf>

³²¹ *Ibid.*, p. 279-281.

Monte Young (1935-). De plus, l'exploration du spectre sonore a conduit à l'utilisation des microtons issus de la série des harmoniques naturelles pour les compositeurs de ce que l'on appelle la musique spectrale, comme Gérard Grisey (1946-1998) et Tristan Murail (1947-). Cette approche spectrale, met l'accent sur la composition du son et du timbre, et établit des hiérarchies de hauteurs basées sur les partiels du spectre harmonique. À partir de l'analyse des propriétés acoustiques du son et de l'application de modèles mathématiques, cette approche a engendré un éventail d'élaborations pratiques et théoriques permettant la diversification et la systématisation de l'emploi de divers systèmes harmoniques dans la composition et l'exécution musicales, tout en favorisant la création de nouveaux instruments.

Dans son œuvre intitulée « *Mikrotonalität und spektrale Musik seit 1980* », le compositeur Georg Friedrich Haas propose une taxonomie des approches microtonales. Cette classification comprend :

1. Les échelles :

- Échelles non européennes
- Division de l'octave en parties égales (TET - Tempérament égal à douze tons / EDO - Division égale de l'octave).
- Échelles construites de manière irrégulière (y compris le système d'intonation juste de Harry Partch).

2. Accords d'harmoniques et musique spectrale.

3. « *Klangspaltung* » (se référant à l'effet de « scission sonore » des microtons étroitement espacés autour d'une seule hauteur).

4. Microtonalité aléatoire (incluant les multiphoniques, le piano préparé ou la notation indéterminée qui ne spécifie pas précisément la hauteur)³²².

En dehors de l'Europe, d'autres cultures ont intégré l'utilisation des microtons dans leur pratique musicale :

Le sous-continent indien présente deux traditions musicales majeures : la musique *Carnatique* au sud et la musique *Hindoustanie* au nord. Ces traditions sont basées sur le *rāga*, un cadre mélodique comprenant des *svaras*, des *gamakas* et des phrases. Les *svaras* sont organisés en progressions ascendantes et descendantes et ont une fonction précise, tandis que les *gamakas* sont des modulations de hauteur (Figure 17). L'étendue de chaque *gamakas* varie de quelques *cents* à plusieurs demi-tons. Il y a sept « *svaras* » par octave : Sa, Ri, Ga, Ma, Pa,

³²² HASEGAWA, R. (2015). *Clashing Harmonic Systems in Haas's Blumenstück and in vain*. Op. cit., p. 206.

Da, Ni. Chaque *svara* dans un *rāga* a deux ou trois variantes, sauf pour la tonique et la quinte. En fonction de leurs propriétés et de la distance par rapport aux *svaras* voisins, un sous-ensemble d'entre eux est chanté avec des modulations de hauteur, c'est-à-dire des *gamakas*. Les *svaras* sont sélectionnées parmi un total de 22 *shrutis*. L'identité d'un *rāga* est déterminée par un ensemble de phrases représentant ces éléments³²³.

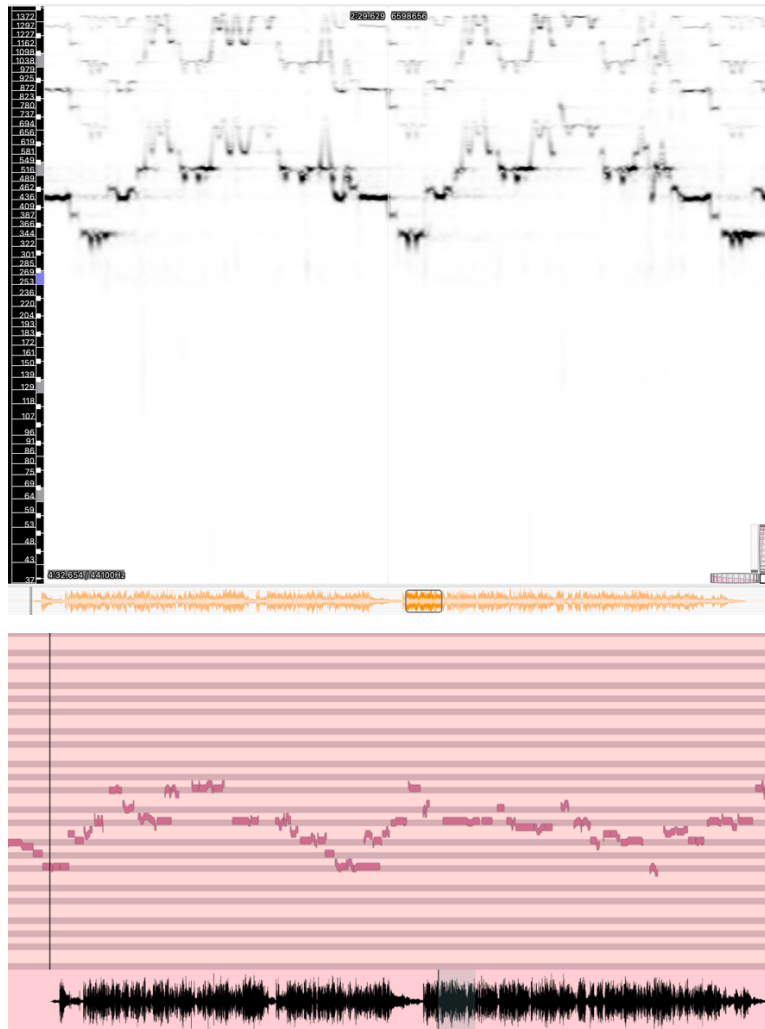


Figure 17. Visualisation des « gamakas » dans le *rāga* « Behag »³²⁴. [Captures d'écran de Sonic Visualizer en haut et Basic Pitch – Spotify³²⁵ en bas]

La musique arabe englobe de nombreux genres, styles et traditions locales, tous intégrant le système de *maqam*. La *zakhrafa* est l'ornementation mélodique associée à la mode musicale arabe et au style personnel du musicien. Il existe différents styles d'ornementation transmis oralement. L'accordage, enraciné dans le système pythagoricien, varie selon la région

³²³ KODURI, G. K., ISHWAR, V., SERRA, J., & SERRA, X. (2014). *Intonation Analysis of Rāgas in Carnatic Music*. Journal of New Music Research, 43(1), p. 72–93. <https://doi.org/10.1080/09298215.2013.866145>

³²⁴ MadRasana Official (2018). Charumathi Raghuraman | Raga Behag. Consulté 25 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=ESEJ1BdOVnM>

³²⁵ Basic Pitch : An open source MIDI converter from Spotify - Demo. (2022). Consulté 25 avril 2023, à l'adresse <https://basicpitch.spotify.com/>

et la période, ainsi que l'ornementation. La musique arabe n'est pas fondamentalement harmonique, mais plutôt mélodique. L'oud est un instrument qui possède des cordes accordées en intervalles de quarte juste, avec l'exception de l'intervalle F-A. Les échelles arabes exploitent les possibilités offertes par le cadre pythagoricien tout en incluant d'autres notes en dehors de celui-ci. Les hauteurs exactes sont déterminées par une « tradition culturelle », et sont transmises oralement de génération en génération. Un exemple de combinaison de rapports harmoniques et d'intervalles arbitraires pour construire une échelle de maqam arabe est la gamme *Maqam Rast* (Figure 18), prototype de la musique arabe. Les degrés 3 et 7 présentent une intonation variable selon les pratiques régionales et les périodes, et doivent être appris à l'oreille. Les différences d'intonation sont parfois de quelques *cents*, soit une fraction minuscule d'un quart de ton³²⁶.

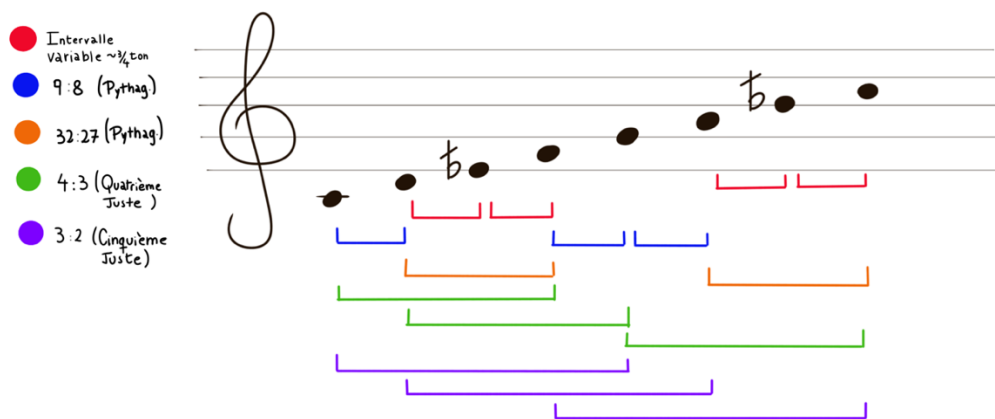


Figure 18 : Gamme « *Maqam Rast* ». [Illustration créée à partir du diagramme de Farraj, J., et Abu Shumays. S. (2019)³²⁷].

Dans la musique de gamelan balinaise, l'accordage des instruments est propre aux familles de constructeurs. Il n'y a pas de norme établie rendant tous les gamelans de l'île compatibles entre eux. Plutôt que de considérer les accordages balinais comme des gammes, il est utile de les concevoir comme des ensembles de directives pour les intervalles. Deux principaux ensembles de « directives » ou d'accordages existent : *pelog* et *slendro*. Le *pelog* est un système à sept notes où les notes sont séparées par une série d'intervalles inégaux. Une pièce donnée se limite à l'utilisation de cinq notes, isolées pour former des modes. Chacune des

³²⁶ FARRAJ, J., & ABU SHUMAYS. S. (2019). *Inside Arabic music: Arabic maqam performance and theory in the 20th century* (p. 71–167). Oxford University Press. <https://fr.scribd.com/document/445160151/9780190658366-Inside-Arabic-Music-f390>

³²⁷ *Ibid.* p. 167.

cinq notes est étiquetée avec l'un des sons (avec les approximations aux notes occidentales) : *ding* (mi), *dong gědé* (fa), *dang gědé* (sol), *deng* (la), *dung* (si), *dang cěnik* (do), *dong cěnik* (ré)³²⁸. Le système *slendro* est pentatonique. Il utilise la même syllabification des notes. Il est considéré comme basé sur des intervalles égaux, bien que dans la pratique, les distances soient loin d'être équivalentes³²⁹.

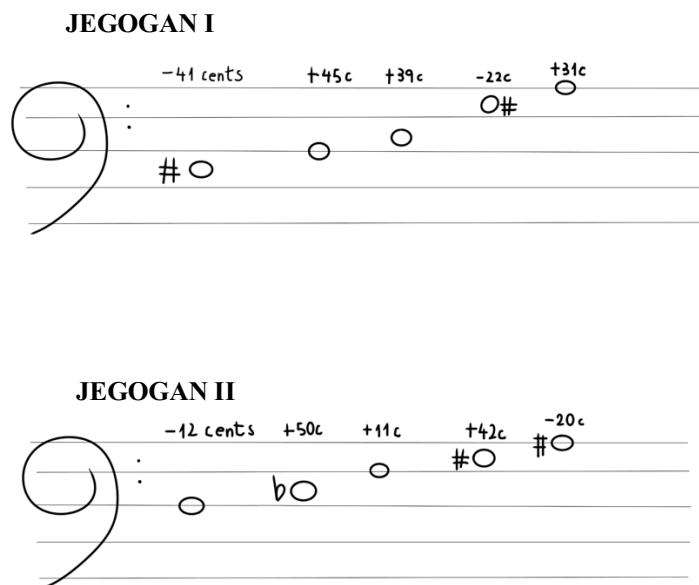


Figure 19 : *Transcription des accordages de deux instruments Jegogan*. [Réalisée à partir d'un enregistrement en ligne³³⁰, et analysée avec *Sonic Visualizer*].

Dans la musique balinaise, les différences entre les hauteurs sonores donnent de la vivacité au son. Des paires d'instruments sont volontairement accordées légèrement à l'écart l'une de l'autre (Figure 19), afin que, lorsqu'une même note est frappée simultanément sur les deux instruments, les ondes sonores émises vibrent à des vitesses légèrement différentes, produisant des battements appelés *penjoreg*³³¹.

Nous pouvons également trouver des inflexions microtonales dans la musique des peuples autochtones de différentes régions du monde. Nous examinerons par la suite, à titre d'exemple, le cas des peuples originaires d'Amérique du Sud, d'Océanie et d'Afrique,

³²⁸ HANS, O. (1998). *Bali : La musique comme cosmologie sonore*. In *Harmoniques* n°2, mai 1987 : *Musiques, identités*. Ircam - Centre Georges Pompidou <http://articles.ircam.fr/textes/Oesch87a/>

³²⁹ TENZER, M. (1998). *Balinese music* (p. 43–55). Periplus Editions.

³³⁰ Cjaaattt...jegogan, bali gamelan instrument (2013). Consulté 26 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=B7BEAE7grVQ>

³³¹ RAHN, J. (1996). *Perceptual Aspects of Tuning in a Balinese Gamelan Angklung for North American Students*. *Canadian University Music Review*, 16, N° 2, p. 17-20. <https://doi.org/10.7202/1014424ar>

particulièrement intéressants dans cette étude en raison de leur conception de la musique avec l'utilisation des microtons, l'influence des modèles dans la nature dans leur conception de la culture et leurs manifestations « artistiques », intrinsèquement liées à leur cosmologie, organisation sociale et spiritualité.

5.2. Le chant de la dernière chamane Selk'nam

Le chant des *Selk'nam*, un peuple autochtone de la Terre de Feu, a été enregistré pour la première fois, selon les archives analysées, sur des cylindres de cire entre 1908 et 1923, par Charles W. Furlong, Wilhelm Koppers et Martin Gusinde. D'après leurs interprétations, il s'agit de chants destinés à des fins magiques, médicinales et rituelles, notamment utilisés lors du rite du *Hain*, une cérémonie d'initiation au cours de laquelle les enfants, ou *kloketen*, sont instruits des valeurs communautaires pour les préparer à la vie adulte³³². En observant les traductions réalisées par Anne Chapman des chants Selk'nam, nous constatons que, les chants sont adressés à leurs ancêtres et à la nature, qui sont intrinsèquement liés pour eux, ainsi qu'à une sorte de pouvoir qui émane d'eux, auquel ils se rattachent³³³.

Les enregistrements sonores conservés constituent l'un des deux derniers vestiges de la musique de ce peuple, car avec l'arrivée des colons européens du XIX siècle, la population a rapidement été décimée, même si elle avait été découverte depuis 1520 par Fernando de Magallanes, pendant qu'ils cherchaient les Indes orientales. Les transcriptions de ces chansons enregistrées par Martin Gusinde, ont été analysés par Erich M. von Hornbostel à partir de 1913³³⁴. Hornbostel explique que la musique des Selk'nam apparaissait dans divers contextes, pour accompagner diverses activités de la vie quotidienne, telles que se peindre ou chercher de l'eau, ainsi que de la musique pour les danses imitant les animaux et musique pour les sessions de guérison. Les premiers enregistrements ont été transcrits par le Dr M. Molinski et le Dr G. Herzog. Hornbostel indiquait qu'il utilisait des signes de « + » et « - » pour indiquer les notes élevées et descendues jusqu'à un quart de ton (Figure 20). Les traits entre deux lignes indiquent

³³² FURLONG, C. W., KOPPERS, W., & GUSINDE, M. (Directors). (2017). *Grabaciones en cilindros de cera de los selk'nam, yámana y kawéskar de Tierra del Fuego, 1907-1923* (L.-C. KOCH & R. KOPAL, Eds.) [CD, Historische Klangdokumente]. Staatliche Museen zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz - Ibero-Amerikanisches Institut, Preußischer Kulturbesitz. [Livret accompagnant le cd]

³³³ CHAPMAN, A. (2002). *Fin de un mundo. Los Selknam de Tierra del Fuego* (p. 168–189). Taller Experimental Cuerpos Pintados.

³³⁴ VON HORNBOSTEL, E. M. (1913). *Melodie und Skala* (p. 11-23). Jahrbuch der Musikbibliothek Peters für 1912. <https://archive.org/details/melodieundskala00horn/page/18/mode/2up>

un glissando et le signe « v » marque une pause respiratoire qui raccourcit la note (Figure 34). Pour faciliter la comparaison, les chants ont été transposés dans la même tessiture en évitant autant que possible l'utilisation de signes³³⁵.

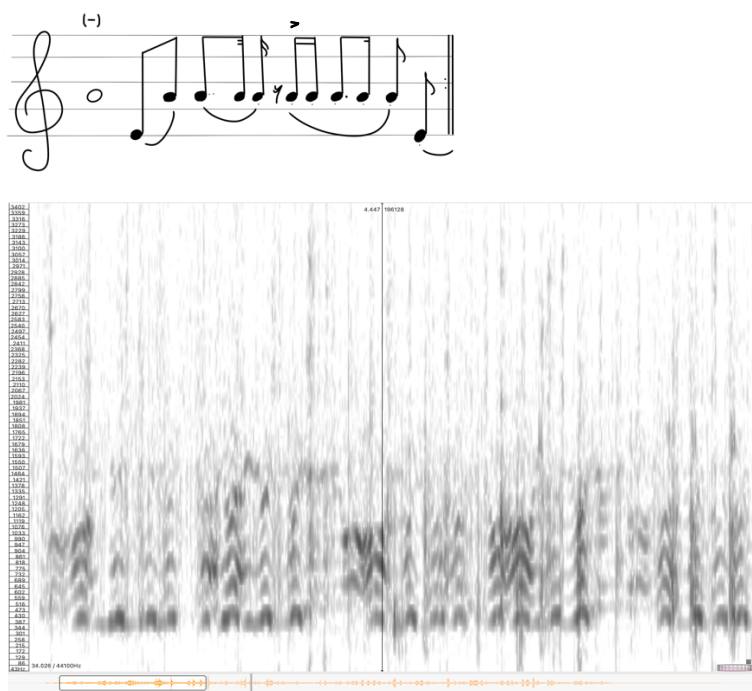


Figure 20 : Hornbostel utilise les signes + et - pour indiquer les "déviations" dans la hauteur des notes, tandis qu'en regardant un spectrogramme, on observe le nombre d'inflexions mélodiques importantes pendant toute la durée de la chanson [Illustration tirée de la publication de Hornbostel³³⁶, et spectrogramme visualisé avec « Audacity »].

Hornbostel remarque les talents extraordinaires des *Selk'nams* d'imitation et d'interprétation, qui se manifestent par les émissions sonores imitant les animaux des spectateurs qui accompagnent les chants. Même les soi-disant esprits sont caractérisés par des masques et des peintures corporelles, par leur posture et leurs mouvements (Images à consulter dans Chapman³³⁷, 2002). Le style musical est si fortement ancré dans ces traditions qu'il ne permet que de très petites variations mélodiques indique-t-il. Outre le tempo adapté à l'animal représenté, la qualité de la voix et la manière de délivrer le chant sont également utilisées pour caractériser les interprétations. Il signale le manque de mots pour décrire ces qualités et qu'une analyse détaillée risquerait de détruire l'essence même d'un tout indivisible. Gardant cela à l'esprit, il tente de décrire le chant comme grave, solennel, digne et austère. Parmi les caractéristiques responsables de son impression, Hornbostel remarque les accents forts,

³³⁵ VON HORNBOSTEL, E. M. (1936). *Fuegian Songs*. *American Anthropologist*, 38(3), 357-367.

³³⁶ *Ibid.*, p. 359.

³³⁷ CHAPMAN, A. (2002). *Fin de un mundo. Los Selknam de Tierra del Fuego*. *Op. cit.*, p. 218 et 226.

souvent renforcés par une expiration audible ; une tendance à lier les notes par un legato et à subdiviser les notes longues par des pulsations (Figure 21); le tempo étant modéré, plutôt lent et constant tout au long du chant³³⁸.

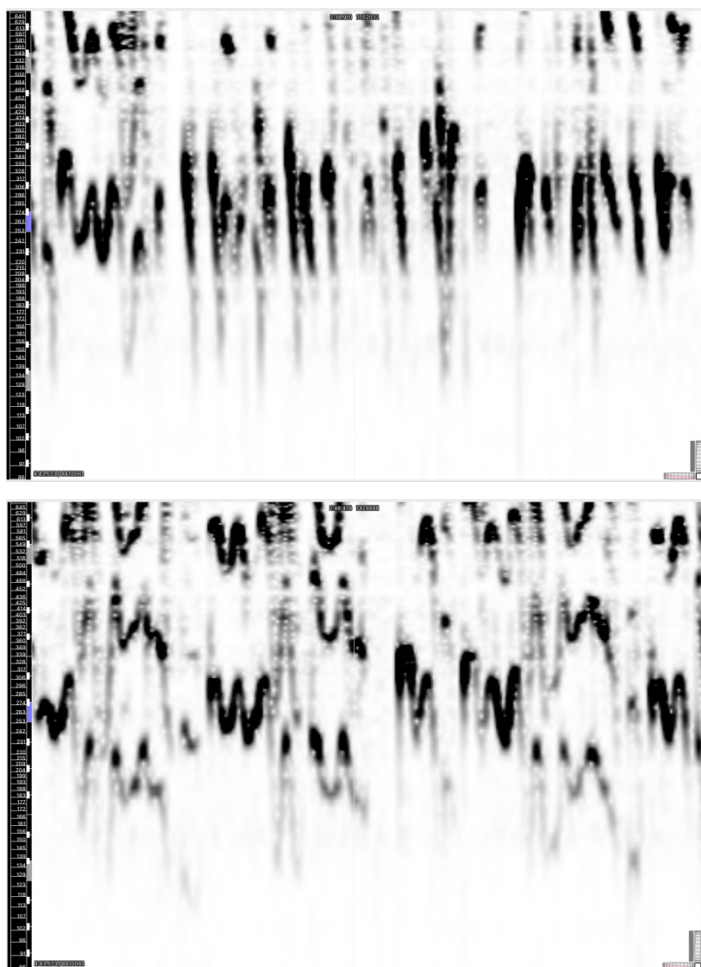


Figure 21 : En haut, un spectrogramme de la voix parlée, au caractère incisif, avec de grands glissandos ou des notes descendantes ou ascendantes de larges intervalles autour de la sixte et de l'octave ; en bas, un spectrogramme de la voix chantée, avec des notes liées par des glissandos, et des variations de hauteur après l'intonation de la syllabe, ascendantes et descendantes. [Spectrogrammes visualisés avec *Sonic Visualizer*]

Gilbert Rouget et Jean Schwarz ont également réalisé en 1976 une analyse des chants Selk'nam en se concentrant sur la technique du chant. Ils étudient les relations entre la voix chantée et la voix parlée en analysant l'utilisation des consonnes et des voyelles, se concentrant sur le chant n°15 enregistré par Anne Chapman avec Lola Kiepja, la dernière chamane du peuple *Selk'nam*. Ils se basent sur l'idée que les parties chantées des Selk'nam sont dépourvues de paroles et ne comportent que des syllabes vocalisées. Cet argument peut être contesté, car Anne Chapman, a publié la traduction des chants enregistrés avec Kiepja, y compris ce chant,

³³⁸ VON HORNOSTEL, E. M. (1936). *Fuegian Songs*. *American Anthropologist*, 38(3), 357-367.

et aussi les paroles des chants entièrement vocalisés³³⁹. Certains de ces textes sont repris par la poétesse Nini Bernardello en 2001, dans sa publication « *Cantando en la casa del viento. Poetas de Tierra del Fuego* »³⁴⁰. Je l'ai rencontrée lors de ma visite en Terre de Feu en 2019. Elle m'a fourni des documents sur ce peuple et son travail inspiré par leur culture. À cette occasion, j'ai également pu accéder à deux dictionnaires Selk'nam, l'un de José María Beauvoir publiée en 1915 et l'autre d'Elena L. Najlis qui date de l'année 1973.

Revenant à l'analyse du chant *Selk'nam*³⁴¹, Rouget et Schwarz, ajoutent des caractéristiques à la description de cette musique. Ils soulignent que l'ambitus est loin d'être « étroit » comme l'avait indiqué Hornbostel en 1936, donnant des exemples de plusieurs sauts de quarts, quintes et secondes. Ils constatent également que le caractère descendant de la mélodie est prédominant (la chanson analysée comprend 3 intervalles ascendants -seconde, septième et sixte-, 14 intervalles descendants -4 tierces majeures, 4 tierces mineures, 2 quintes et une sixte, et 22 notes répétées), que les notes sont parfois très difficiles à définir en termes de hauteur -comme l'avait remarqué Hornbostel-, car elles sont sensiblement différentes en fréquence pour la même note tout au long d'une strophe (Figure 21). Ils caractérisent le style du chant Selk'nam comme une sorte de *Sprechsang*, pour le style d'alternance entre la voix chantée et la voix parlée, le son laryngal et le son buccal. Selon leur hypothèse, les variations de timbre feraient également varier les hauteurs. Ils parlent de « zones ou bandes de fréquence » pour ces notes, qu'ils ont décidé de nommer, par exemple, « fa » en incluant les notes « fa » avec des fluctuations allant jusqu'au quart de ton³⁴². Ils divisent le chant n°15 en deux parties selon la distribution mélodique et des phonèmes. Chaque partie est subdivisée en deux moitiés présentant la même distribution des désinences. La partie B comporte trois syllabes supplémentaires au début³⁴³ (Figure 22) :

³³⁹ CHAPMAN, A. (2002). *Fin de un mundo. Los Selknam de Tierra del Fuego. Op. cit.*, p. 218 et 226.

³⁴⁰ BERNARDELLO, N. (2001). *Cantando en la casa del viento* (p. 10-15). Editorial Universitaria de la Patagonia.

³⁴¹ ROUGET, G., & SCHWARZ, J. (1976). *Chant fuégien, consonance, mélodie de voyelles*. *Revue de Musicologie*, 62(1), p. 5-24. <https://doi.org/10.2307/928564>

³⁴² *Ibid.*

³⁴³ *Ibid.*

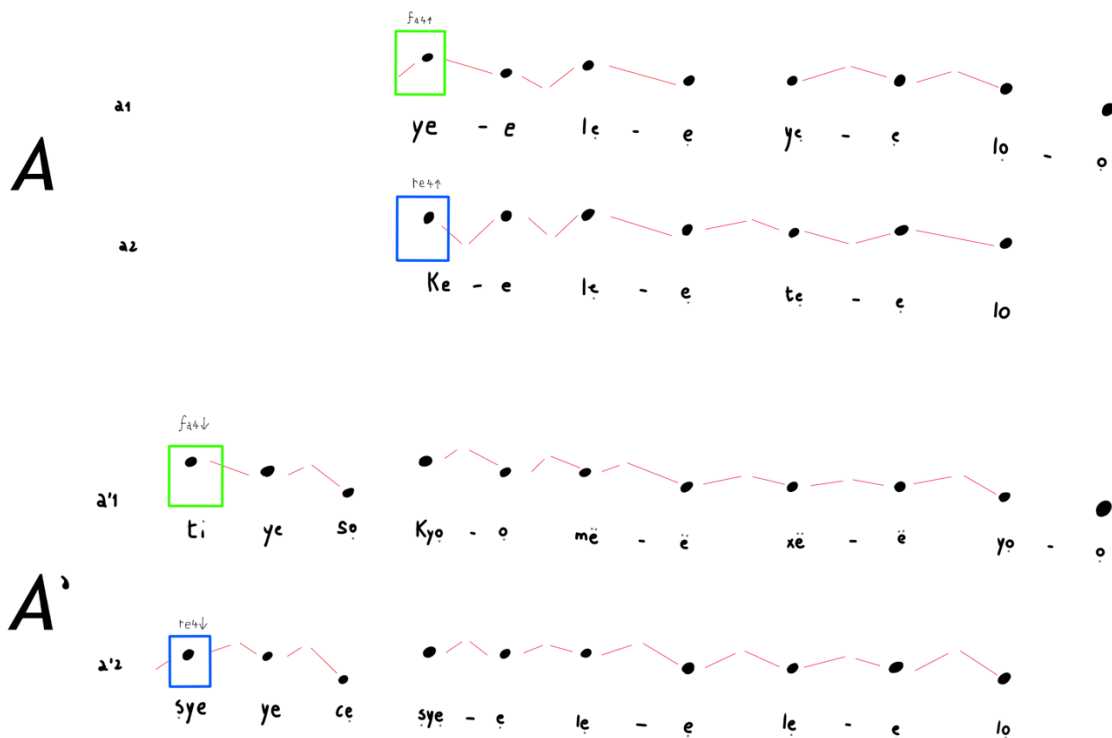


Figure 22 : Analyse du contour mélodique et de la structure de quatre phrases dans la chanson N°15 de Lola Kiepja, à partir de la minute 2'40''³⁴⁴. [Illustration créée à partir de l'analyse de Rouget, G. et Schwarz, J. (1976)³⁴⁵, et d'un spectrogramme visualisé dans *Sonic Visualizer*].

5.3. Microtons et identité dans la musique Yolngu

La pratique musicale, au sein de la culture «Yolngu, située dans le territoire d'Arnhem Land en Australie, constitue un moyen de construire la sociabilité et de définir l'identité individuelle et collective. Ceci est observable dans la pratique musicale, notamment à travers le genre *manikay*, généralement interprété par des chants accompagnés de *clapsticks* (ou *bilma*) et de didjeridoo (ou *yidaki*). L'utilisation d'un groupe d'intervalles musicaux personnels, ainsi que l'emploi symbolique de certaines mélodies, sont les éléments qui permettent de distinguer un individu et un « clan » respectivement, et de faire référence à un corpus mythique associé à ces musiques³⁴⁶.

³⁴⁴ *Chant Chamannique (n° 15)*—CREM-CNRS - Sound archives of the CNRS and the Musée de l'Homme. Research Centre of Ethnomusicology (CREM), University of Paris 10. (s. d.). Consulté 2 avril 2023, à l'adresse https://archives.crem-cnrs.fr/archives/items/CNRSMH_E_1972_014_001_001_13/

³⁴⁵ ROUGET, G., & SCHWARZ, J. (1976). *Chant fuégien, consonance, mélodie de voyelles*. *Op. cit.*, p. 17-18

³⁴⁶ TONER, P. G. (2001). *When the Echoes are Gone: A Yolngu Musical Anthropology* (p. 284–285) [Thesis, The Australian National University]. https://www.academia.edu/98711714/When_the_echoes_are_gone_a_Yolngu_musical_anthropology

Au cours des performances de *manikay*, les musiciens interprètent diverses structures mélodiques et rythmiques en s'appuyant sur plusieurs modèles établis pour improviser. Cette pratique nécessite la participation de plusieurs musiciens, qui, à travers leurs choix musicaux, établissent différentes relations avec la société. Le *manikay* est composé d'une série de chansons représentant la cosmologie, abordant des sujets tels que les plantes, les animaux et les phénomènes météorologiques, la pluie, le vent, etc. Les versions font référence à l'interprétation unique d'une chanson, tandis que les « items » sont de brèves interpolations musicales sur un thème³⁴⁷.

Selon Peter Gerald Toner, les versions propres à chaque groupe spécifique sont identifiables grâce aux petites variations dans les intervalles utilisés, avec un écart moyen d'un quart de ton. Les chanteurs d'un même *bäpurru* ou clan, utilisent quatre types de mélodie dans la pratique du *manikay* : *wurrungu A*, *wurrungu B*, *yuta*

A et *yuta B*. Pour illustrer cela, imaginons ces gammes descendantes (suivant le modèle de Toner) à partir de la note « A », en suivant l'ensemble d'intervalles décrit par Toner à partir de ses analyses³⁴⁸, précisé en *cents* :

- *Wurrungu A* est composée de quatre notes descendantes, dont les intervalles sont, en partant de la première note, 206,2 *cents*, puis 85,4 *cents* et enfin 212,3 *cents*. Ceci correspondrait à : A4, G4↓, F#4↑, E4↑, avec des différences par rapport à ces notes de moins de 1/16 de ton (et pouvant varier selon Toner +/- 50 *cents*). Les trois premières notes sont utilisées dans la première partie, et la troisième et la quatrième note dans la seconde partie.

- *Wurrungu B* se compose de trois notes descendantes, dont les intervalles sont, en partant de la première note, 312,5 *cents*, puis 196,7 *cents*. Ceci correspondrait à : A4, F#4↓, E4↓, avec des différences par rapport à ces notes d'environ 1/16 de ton (pouvant varier +/- 50 *cents*). La première note est utilisée dans la première partie et les deux autres notes sont utilisées dans la seconde partie de la chanson.

³⁴⁷ TONER, P. G. (2001). *When the Echoes are Gone: A Yolngu Musical Anthropology*. *Op. cit.*, p. 75-76.

³⁴⁸ TONER, P. G. (2003). *Melody and the Musical Articulation of Yolngu Identities*. *Yearbook for Traditional Music*, 35, p. 75-79. <https://doi.org/10.2307/4149322>

- *Yuta A* est constituée de trois notes, dont les intervalles sont, en partant de la première note, 787,3 cents, puis 186,9 cents. Ceci correspondrait à : A4, C#4↑, B3↑, avec des différences par rapport à ces notes de 1/16 de ton pour C#4 et de 1/8 de ton pour B3 (pouvant varier +/- 50 cents). La première note est utilisée dans la première partie, et les deux autres notes sont utilisées dans la seconde partie de la chanson.

- *Yuta B* est composée de deux notes, dont l'intervalle est de 173,3 cents. Ceci correspondrait à : A4, G4↑, avec une différence de 1/8 de ton pour G4 (et pouvant varier selon Toner +/- 50 cents).

L'interprétation de ces mélodies avec ses variations et connotations dans le *manikay* participe aux processus d'articulation social. Ceci se manifeste dans ce que Toner appelle le *dhäkaygulkmaram*. Des chansons aux mélodies distinctives propres à chaque membre sont interprétées et en deux ou trois instances, les chanteurs intègrent des éléments mélodiques et le langage d'un autre clan. Ceci dans le but d'éduquer les plus jeunes sur les réseaux qui relient les communautés et pour faire en même temps référence à la cosmologie du *bäpurru* concerné³⁴⁹. Des histoires du peuple sont racontées et différents sujets sont abordés en relation avec une période, une géographie et un environnement naturel donnés, le tout condensé dans un chant³⁵⁰. Ainsi, la musique Yolngu est utilisée pour construire des identités et des interrelations sociales.

5.4. Hocket et mimétisme dans la musique Basotho

Les *Sotho* ou *Basotho*, sont un peuple principalement d'Afrique du Sud. Parmi leurs instruments, on trouve le *lesiba*, le *mamokhorong*, le *lekope*, le *mokhope*, le *setolo-tolo*, le *thomo*, et le *sekebeku*, qui sont tous des cordophones, à l'exception du *sekebeku* qui est un idiophone³⁵¹. La musique accompagne les activités quotidiennes et le passage des saisons. La musique basotho, est inspirée par l'environnement naturel et la vie quotidienne dans la

³⁴⁹ TONER, P. G. (2003). *Melody and the Musical Articulation of Yolngu Identities*. *Op. cit.*, p. 84-92.

³⁵⁰ BARWICK, L. (2003). *Tempo bands, metre and rhythmic mode in Marri Ngarr 'Church Lirrga' songs*. *Australasian Music Research* 7, p. 67-83.

³⁵¹ *Reappropriating Lesotho's Cultural Heritage Through New Media*. (s. d.). Morija Museum. Consulté 4 avril 2023, à l'adresse <https://www.morijamuseum.org/indigenoumusic>

communauté. La musique basotho se caractérise par un style appel-réponse et incorpore souvent des instruments qui complètent ou remplacent la voix.

Dès leur plus jeune âge, les enfants Basotho apprennent la musique, les chants de louange et la danse. Vers l'âge de 5 à 7 ans, ils apprennent les *lithothokiso*, des poésies, afin de développer leur rythme, leur mémoire et leur vocabulaire. À l'adolescence, les filles apprennent à chanter et à danser, tandis que les garçons sont encouragés à jouer des instruments de musique. Ceux qui gardent les moutons et les chèvres jouent du *mamokhorong/sekhankula*, tandis que ceux qui gardent les vaches jouent du *lesiba*³⁵².

Parmi les différents genres de la musique Basotho, nous aborderons le concept de *dinaka* ou *kiba* désigne un genre musical particulier des Sotho du Nord. Ce genre tire son nom de ses deux composants principaux : les *dinaka* (tuyaux de roseau) et le *kiba* (le grand tambour rythmique). Le *dinaka* est une combinaison de chant et de danse, se caractérisant par des ensembles de tuyaux de roseau, des percussions et des chorégraphies de danse. Il puise ses racines dans la tradition guerrière et est considéré comme une expression de virilité. On considère généralement que presque tous les genres de musique indigène des Sotho du Nord sont issus du *dinaka*. L'ensemble *dinaka* est composé d'instrumentistes utilisant des techniques de *hocket* (hoquet) pour produire des couches d'harmonies, où l'intonation entre les différents tuyaux de roseau présente des différences microtonales et de rythme, produisant une bande de fréquences articulée. La technique de *hocket* a été décrite par Simha Arom en 1976, consistant en une polyphonie basée sur des instruments à vent du même type mais de tailles variées. Chaque musicien élabore un motif rythmique qui, combiné avec ceux d'autres musiciens, vont résulter en une texture qu'Arom appelle « polyphonie en *hocket*»³⁵³.

Un autre aspect intéressant de la musique *basotho*, en plus de la génération de ces polyphonies en *hocket*, est ce que David Copland définit comme la capacité de créer des métaphores. L'utilisation de la musique en tant que représentation symbolique, pour représenter des formes de connaissances culturelles. Copland cite comme exemple l'instrument *lesiba*, un instrument souvent utilisé pour imiter les oiseaux dans la nature³⁵⁴. Il se compose d'une seule

³⁵² MOLIKENG, M. (2017). *Traditional music in Lesotho*. Music in Africa. Consulté 4 avril 2023, à l'adresse <https://www.musicinafrica.net/magazine/traditional-music-lesotho>

³⁵³ AROM, S. (1976). *The use of play-back techniques in the study of oral polyphonies*. Ethnomusicology, 20(3), p. 483-519.

³⁵⁴ *Mohololi*. (2020). Indigenous African Music (IAM) Transcription Project. <https://iamtranscriptions.org/iam-sheet-music/for-lesiba/mohololi/>

corde fixée le long d'une tige droite, avec une courte section de plume insérée dans la corde à une extrémité. L'extrémité de la plume est approchée de la bouche avec les mains évidées, et le souffle ainsi que la résonance de la plume produisent des tons. Cet instrument est utilisé par les bergers pour contrôler le bétail, pour lequel ils jouent de courts passages rythmiques soufflés appelés *linong*. Le son est privilégié par rapport à la vue, c'est le canal de communication par lequel les *Basotho* saisissent, apprécient, interprètent et réorganisent l'expérience en tant que réalité et relation sociale³⁵⁵.

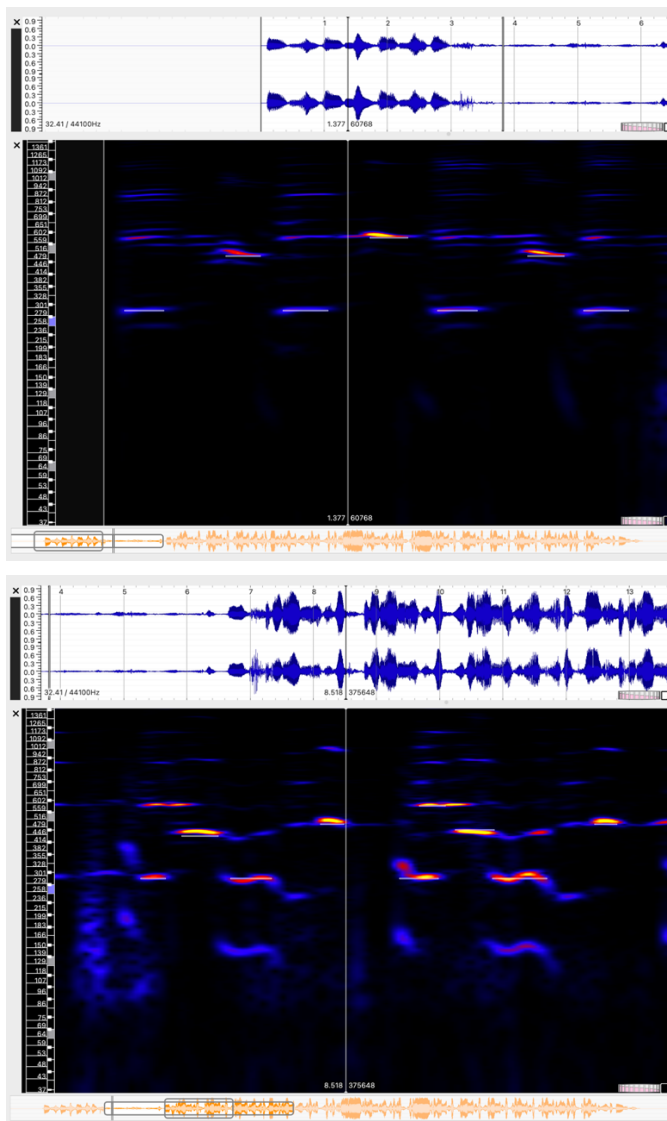


Figure 23 : *Forme d'onde et spectrogramme correspondants à la chanson « Mohololi » de M. Matima. (2023).*
 [Capture d'écran de *Sonic Visualizer*]

³⁵⁵ COPLAN, D. B. (1988). *Musical Understanding: The Ethnoaesthetics of Migrant Workers' Poetic Song in Lesotho*. *Ethnomusicology*, 32(3), p. 337-368. <https://doi.org/10.2307/851936>

La transcription de l'extrait est disponible sur le site du « *Indigenous African Music Transcription Project* » (IAM), bien que les variations microtonales relatives à la hauteur des notes (observées dans le spectrogramme de la Figure 23) ne soient pas écrites³⁵⁶.

5.5. Modèles, données et microtons dans la composition inspirée par la nature

L'emploi des modèles dans la création musicale, ce qui est transposable à d'autres domaines impliquant la créativité humaine, a été un processus en perpétuelle mutation, s'ajustant à diverses circonstances historiques, façons de penser et d'appréhender le monde et d'agir en conséquence. La pratique a permis de transcender les schémas établis, suscitant par la suite le besoin d'une théorisation, et une réflexion pour conscientiser et intégrer les processus, dégager des « universels » comme le décrivait Aristote dans sa « *Métaphysique* »³⁵⁷ et explorer de nouvelles méthodes d'agir et d'exister.

Dans le contexte de cette étude, ce processus est stimulé par une sorte de pensée « synesthésique », cherchant à atteindre une « chose commune » à toutes les opérations psychiques (peut-être même neurologiques) engendrées par divers stimuli. Inversement, on se demande, dans une étape ultérieure, si à partir d'une forme vitale de pensée telle que conçue par Daniel Stern³⁵⁸, nous pouvons générer une variété de formes sensibles.

Transposé au domaine des compositions, cela équivaldrait, dans le premier cas, à composer à partir d'une diversité de modèles, en produisant de la musique avec le son comme élément multimodal commun pour déchiffrer ces expressions, médiatisées par le code en tant qu'intermédiaire, ce qui fait partie de la perspective de cette étude. La direction prise dans ce cas est d'essayer de maintenir un dialogue, une interaction directe avec la source de ces données, d'être "à l'écoute" de ces formes dynamiques, et de créer différentes situations d'expérimentation et d'exploration dans le but d'essayer de découvrir les caractéristiques essentielles de ces formes dynamiques afin de les mettre en évidence dans le discours musical.

Dans le second cas, inversement, cela consisterait à générer, à partir de certaines formes vitales primordiales, une diversité de formes musicales, visuelles, sculpturales, etc., soit des « agencements » artistiques. Ceci se matérialise dans le travail de composition de diverses formes musicales digitales et instrumentales à partir de modèles numériques. Cette démarche atteint

³⁵⁶ Mohololi. (2020). Indigenous African Music (IAM) Transcription Project. <https://iamtranscriptions.org/iam-sheet-music/for-lesiba/mohololi/>

³⁵⁷ Aristote, *Métaphysique*. *Op. cit.*, p. 43-45.

³⁵⁸ STERN, D. N. (2010). *Les formes de vitalité : psychologie, arts, psychothérapie et développement de l'enfant*. Odile Jacob. 224 p.

ses limites dans la finitude de la singularité analysée, comme point d'aboutissement de cette étude et pourrait être poursuivie dans des travaux ultérieurs, grâce à l'apprentissage des formes dans la réalité par l'IA, pour ensuite synthétiser une diversité de formes musicales et multimédias.

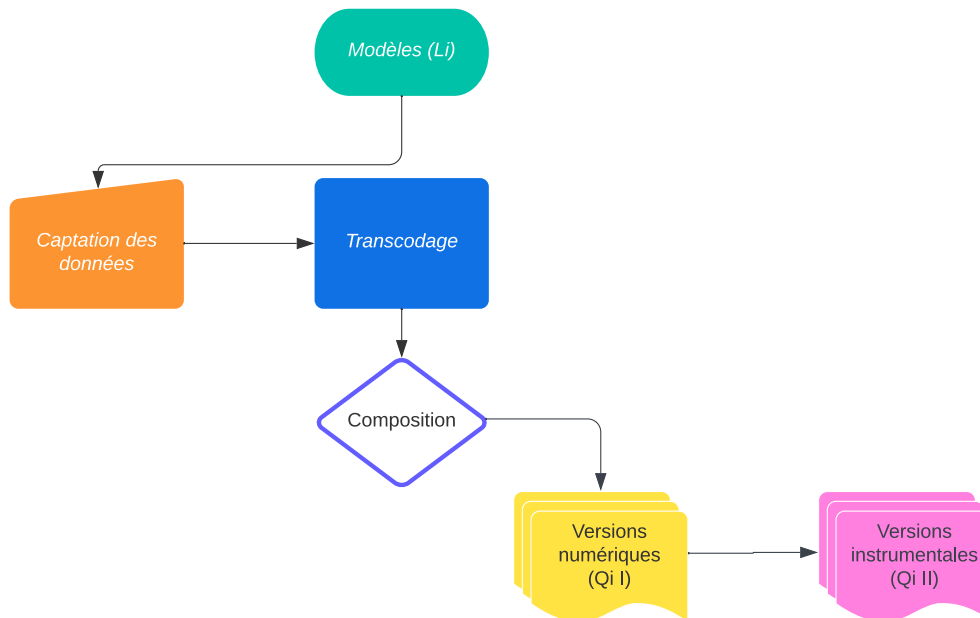


Figure 24 : Schéma méthodologique de composition musicale. (2023). [Diagramme].

Dans ce schéma (Figure 24) sont illustrées les principales étapes de ma stratégie compositionnelle. Celle-ci débute par une sélection de modèles et, le choix des paramètres à capturer. Ensuite, pour la collecte des données, des interfaces informatiques et électroniques sont développées, le cas échéant, pour permettre la saisie des informations. Par la suite, lors d'un processus de transcodage, ces données seront soumises à un filtrage et à un mapping. Puis, au cours de la phase de composition, un système d'interconnexions sera créé pour mettre en relation ces données avec le résultat sonore, en engendrant des formes numériques qui, dans certains cas, seront à leur tour utilisées comme modèles pour réaliser des compositions instrumentales.

L'emploi de la microtonalité dans ce cadre est influencé par ce que Georg Friedrich Haas appelle le *Klangspaltung*³⁵⁹, les mouvements vibratoires engendrés par la proximité des microtons autour d'une seule hauteur, également présents dans les œuvres des précurseurs de

³⁵⁹ HASEGAWA, R. (2015). *Clashing Harmonic Systems in Haas's Blumenstück and in vain*. Op. cit., p. 206.

la musique spectrale comme Giacinto Scelsi. Cependant, dans le cas de cette étude, le modèle n'est pas le son, mais plutôt les formes d'interaction dans la nature, avec leurs rythmes et proportions variables. Bien que le son lui-même, si nous le ramenons à ses principes de base, est une vibration qui se déplace dans l'air ou dans un autre fluide, générant un stimulus dans notre sens auditif qui sera ensuite interprété par le cerveau comme tel. L'utilisation de modèles dans la nature m'a conduit à la découverte des musiques des peuples autochtones, où l'objectif n'est pas d'utiliser des hauteurs fixes, mais de créer des courbes mélodiques et des profils rythmiques résultant de processus de mimétisme, en relation avec un symbolisme dans la nature, leur cosmologie et le contexte social. L'intention du geste, la manière de s'exprimer, guidée par le ce qui l'anime, est primordiale. Les structures de la forme sont mobiles, tout comme les hauteurs, les intensités et les rythmes.

Conclusion de la première partie

...je cherche davantage une vérité en deçà qu'au-delà, cachée en profondeur, plutôt qu'au septième ciel. Le mythe n'est pas de l'ordre du surnaturel mais bien d'une vérité naturelle inscrite dans notre système nerveux, dans la matière, sans qu'il y ait nécessairement dualisme matière-esprit³⁶⁰.

Définir une réalité collective, telle qu'une pratique artistique, implique de prendre en compte la relativité de cette hypothèse, en considérant la multiplicité des voix, où le processus d'objectivation par lequel le monde se construit est une réalisation collective qui façonne la culture humaine. L'artiste, en tant que participant à cette construction, observe cette réalité vivante comme une forme dynamique, dans laquelle il interagit et s'immerge comme expérience esthétique parmi les formes et forces, les couleurs, les sons, les contrastes et les continuités. L'art, en tant que manifestation de l'esprit humain, mûrit en même temps que ses créations, l'artiste-chercheur explore cette construction culturelle par le biais de la pratique artistique elle-même, génératrice de connaissances dans ce processus continu et circulaire entre manifestation et réflexion. Cette connaissance multimodale et rhizomatique conduit à incarner dans le corps des savoirs, des situations et des expériences sensorielles qui se manifestent dans la pratique artistique.

Aujourd'hui, compte tenu de la disponibilité des technologies, de la connexion des réseaux et de l'imbrication des disciplines, les catégories artistiques se multiplient et les formes et procédures s'ouvrent à la diversité culturelle à l'échelle mondiale. L'installation et la normalisation du numérique, nous conduisent à une réalité dite post-numérique, accompagnée d'urgences climatiques et de crises sociales, incitant l'homme-machine à sortir de son individualité et à se connecter aux autres, ainsi qu'à son environnement, en élargissant son écoute à ce qui l'entoure. Ceci se reflète dans l'art, d'une part par un intérêt croissant pour l'approche des questions écologiques dans la conception des œuvres inspirées par cette situation et d'autre part par l'exploration des œuvres intégrant des caractéristiques de cet environnement, telles que l'interaction, l'immersion, l'apprentissage de modèles, ainsi que la connexion à un réseau complexe d'interrelations. D'une certaine manière, la technologie, en tant qu'invention humaine visant à faciliter l'utilisation des ressources et à améliorer l'existence sans dépendre

³⁶⁰ DECARSIN, F. (1992). *Entretien avec François-Bernard Mâche* (p. 15). In Les Cahiers du CIREM, Centre International de Recherches en Esthétique Musicale, N°22-23.

directement de la nature, crée ainsi une certaine distance par rapport à celle-ci, « renvoie à la nature », à travers la représentation symbolique de sa base de fonctionnement en tant qu'écosystème interconnecté et immersif. La composition musicale, qui fait partie de ces transformations du numérique, déploie de nouvelles formes interactives, génératives et spatiales de composition, développées notamment grâce à l'assistance des avancées en informatique, faisant de l'ordinateur un méta-médium des opérations, ainsi que de nouvelles formes d'écoute et de conception musicale, influencées par cette ouverture d'informations globales et transculturelles.

La génération rhizomatique de pratiques au XXI^e siècle explore également les relations entre auteurs, interprètes, supports, espaces et publics, en réorganisant et en redéfinissant leurs fonctions et connotations. Dans l'aspect le plus fondamental de la composition musicale, les éléments sonores qui composeront l'œuvre, de nouveaux modèles sont explorés comme base de la composition musicale. D'une part, les modèles basés sur une sorte de mimétisme avec les caractéristiques acoustiques du son (tonalité et bruit) persistent, puis dérivent vers des systèmes d'organisation des hauteurs, des rythmes et des timbres, médiatisés par des opérations mathématiques, et d'autre part, des modèles extra-musicaux sont utilisés pour générer des sons, des processus et des relations musicales, à partir du même support numérique, de l'application de calculs scientifiques, mais aussi de l'influence d'autres disciplines artistiques. Les éléments constitutifs de la musique se fragmentent comme des quanta des possibilités, pour être ensuite reconstitués et resignifiés grâce à l'application de ces modèles dans la perspective compositionnelle du compositeur. Ainsi, la composition musicale au XXI^e siècle se nourrit de ces évolutions, embrassant les possibilités offertes par la technologie et les influences interdisciplinaires pour créer de nouvelles œuvres et de nouvelles visions du monde.

Deuxième partie – La Musique du Vivant : les œuvres

Chapitre 6 - De la météorologie à une partition pour soprano, chœur et orchestre

Dans ce chapitre, nous décrivons le processus créatif élaboré depuis la collecte en temps réel de données météorologiques provenant de stations en ligne jusqu'à la création d'une partition interprétée par une soprano, un chœur et un orchestre, intitulée *Fréquence Terre* (2022)³⁶¹. Le même modèle de source de données, à savoir des données météorologiques, a été exploité pour différentes réalisations, telles que l'installation interactive *Météorologie sonore* (2019-2020)³⁶², où le public peut écouter la « musification » de données météorologiques animées par le rythme des variations et choisir les continents à « entendre » ; ou encore *#MétéoValberg* (2021)³⁶³, une performance sur une plateforme sociale en réalité virtuelle, où un streaming de données météorologiques synthétisées, traitées en direct, et transmises à un espace VR avec son double avatar, dialoguent avec une situation météorologique précédente, où l'avatar lui-même entend les données météorologiques transcodées en musique dans un parcours à travers les montagnes de Valberg ; avant de parvenir à la composition de la forme instrumentale pour voix et orchestre. À la suite de ces expériences et en tant que trace de la *Météorologie sonore*, une version simplifiée est recrée avec Shihong Ren dans sa plateforme *JSPatcher*, sous la forme d'une installation Web appelée *Weather Sounds* (2023)³⁶⁴. Afin de comprendre le choix de cette approche, je propose une interpolation personnelle, une sorte de « mythe de soi », qui permettrait de saisir l'ensemble des éléments rassemblés pour aboutir à ce résultat.

La motivation pour cette démarche artistique émane de la réunion d'une série d'éléments : de la contemplation de la nature durant mon enfance comme une composition parfaite de formes, couleurs, sons, arômes, températures et mouvements ; de l'observation du fonctionnement de la biologie à l'échelle cellulaire comme une performance créative durant mon bref contact avec les études de médecine avant de décider de me consacrer exclusivement à la musique ; de l'influence de la méditation pendant mon adolescence comme une expérience des états vibratoires de l'existence, de formes « vitales » associées à des couleurs et

³⁶¹ ROMAY, R. (2022) *Weather based composition*, « *Fréquence Terre* ». Consulté 10 avril 2023, à l'adresse https://www.youtube.com/watch?v=Hlvm_NoqJ8

³⁶² ROMAY, R.(2020). *Météorologie Sonore [Extrait 14 avril]*. Consulté 10 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=DtNzOVhSn90>

³⁶³ ROMAY, R. (2021). *Le Tour du Monde en Réalité Mixte » III #meteovalberg- Controverse numérique #5 Le Hublot VR*. Consulté 10 avril 2023 à l'adresse https://www.youtube.com/watch?v=HuL0_8pZ2c [À partir de 3'18"]

³⁶⁴ ROMAY R. (2023). *Webearth screen_recording*. Consulté 10 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=RA8Vz6xV6No>

températures et du mystère que représentent pour moi ces formes sous-jacentes en lien avec les formes sensibles. Les différentes expériences, individuelles et collectives, se sont également reflétées dans mon parcours musical, de la composition, au piano, pour aboutir à la direction d'orchestre, comme des expériences individuelles et collectives quasi méditatives. Un état des choses, mobilisé dans l'incarnation de l'expérience par l'émotion, incarnée dans le corps, dans les corps d'un tout vital et vibrant. L'acte de « verbalisation » de la perception sensible et « cognitive » devient un geste artistique manifesté dans une exploration de pratiques musicales, la musique étant le langage multimodal permettant d'explorer ce lien entre l'ineffable et le sensible. De ces points, ou lignes circulaires, naissent les résonances avec les concepts de formes de vitalité, de Li et Qi, de la notion de modèle de Mâche, et des techniques de transcodage de « musification », ainsi que de composition et d'interprétation, dans un va-et-vient entre idée et forme. De là naît également l'intérêt pour la pratique de l'improvisation³⁶⁵, comme union de tous ces éléments dans un temps présent.

6.1. Météorologie sonore

La météorologie est une discipline scientifique qui étudie les conditions atmosphériques et les prévisions météorologiques. Les représentations graphiques et schématiques traditionnelles des données météorologiques peuvent s'avérer complexes à comprendre et à appréhender pour les individus ne possédant pas de connaissances en météorologie. La « musification » pourrait constituer un outil accessible à tous pour véhiculer des données complexes de manière engageante et pourrait également contribuer à la sensibilisation environnementale, en favorisant l'empathie et l'écoute. L'emploi de la « musification » pour représenter les données météorologiques engendre une expérience sensorielle compréhensible

³⁶⁵ Inspiré par ma formation de master « CoPeCo » (Contemporary Performance and Composition) au CNSMD de Lyon (2016-2018), puis par ma participation entre les années 2018 et 2021 de l'ensemble SPIIC (*Studio for Polystylistic Improvisation and Interdisciplinary Crossover*), dirigé par Vlatko Kučan au HfMT de Hambourg. « *The Art of Improvisation* » - TAOI 2021/I Part 3. Consulté 10 avril 2023 à l'adresse

<https://www.youtube.com/watch?v=i8kZ2SUOL0I&t=240s>

Ceci m'a motivé lors de mon doctorat à réaliser le projet « *Dreaming Fields of Action* » DFoA avec des étudiants de l'Université (UCA) du Professeur Jean François Trubert, et du Conservatoire de Musique de Nice, de Gaël Navard.

Fervor Ana Maria Hernando with Dreaming Fields of Action (2021-2022). Consulté 10 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=9VH1TvQzGt4&t=9s>

Dreaming Fields of Action - Colloque DANTEMUS - Festival Manca (2020). Consulté 10 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=cNcc52D3jFg&t=1028s>

pour les auditeurs, en raison de notre aptitude auditive à reconnaître aisément des patterns, indépendamment d'une formation musicale.

En termes de musique, la météorologie s'avère intéressante en prenant en compte une pluralité des paramètres et des données provenant de différentes parties du monde simultanément. Dans chaque région du globe, les saisons, les environnements et la position du soleil varient, entraînant des différences dans le rythme et l'ampleur des paramètres météorologiques. En termes musicaux, cela se traduirait par une texture polyphonique de masse. Mon hypothèse était que, étant liées à une même entité - la « planète » -, les données seraient cohérentes tout en étant rythmées par ces nuances, aboutissant à un état sonore et mouvement continu.

L'installation sonore interactive, *Météorologie Sonore* a été présentée au musée d'art moderne et contemporain (MAMAC) de la ville de Nice en décembre 2019. Cela s'est produit dans le cadre de l'événement *#RemixTaCulture*, un événement organisé pour diffuser les différentes activités culturelles et productions artistiques produites dans l'environnement de l'Université Côte d'Azur. Lors de cet événement, les gens circulaient dans l'espace du musée pendant toute une soirée en visitant les différentes expositions et spectacles. Les différentes propositions entrant en dialogue avec les œuvres exposées à ce moment-là dans le musée. Dans le cas de la *Météorologie sonore*, la proposition était d'interagir avec l'œuvre de l'artiste suédois Lars Fredrikson. L'exposition montrait des œuvres « cinétiques », des reliefs en acier, des collages, des dessins réalisés par fax, des expériences avec des téléviseurs modifiés, ses pratiques sonores, et autres recherches explorant « les structures de l'invisible et l'aléatoire³⁶⁶».

L'installation « *Météorologie Sonore* » se composait d'un écran d'iPad (Figure 25) disposé sur un support et d'un panneau descriptif qui invitait à sélectionner le continent en question en l'écoutant. Il était ainsi possible d'écouter chacun d'entre eux individuellement ou de combiner les zones de différents continents. Chaque continent était composé de quatre villes différentes dont les valeurs étaient extraites en temps réel de la station Internet. L'objectif de cette expérience était de donner au public la possibilité d'expérimenter ces formes dynamiques à travers un langage sonore expressif. Cela a permis d'élargir la perspective de ce travail en incorporant les retours des visiteurs. L'une des idées était d'utiliser le son d'instruments utilisés dans la musique classique pour caractériser les différents paramètres des différents continents. Ainsi, par exemple, que la température de la ville de Colombie soit attribuée à une flûte. Chaque

³⁶⁶ Lars Fredrikson | MAMAC de Nice. (2019). Consulté 11 avril, à l'adresse <https://www.mamac-nice.org/fr/exposition/lars-fredrikson/>

fois qu'ils entendaient la flûte, ils comprendraient que la température de la Colombie avait changé. La prédilection pour les sons et instruments complexes s'est également avérée être un bon choix ; car il s'agissait d'un son avec lequel les gens étaient plus familiers. Ceci en comparaison avec les synthétiseurs numériques lorsqu'ils sont utilisés de manière primaire.



Figure 25 : Martin, N. (2019). *La « Météorologie Sonore » au musée MAMAC, #Remixtaculture*. [Photographie].

Une autre appréciation significative du public a été la perception de l'harmonie générée par la synchronisation de ces différents paramètres changeant au fil du temps. L'un des commentaires reçus est celui d'un membre du public, un musicien amateur, qui a trouvé dans cet enchaînement d'accords une sorte de flux continu qui conduisait l'oreille dans une certaine direction harmonique puis, avant d'atteindre une résolution, cette succession harmonique était dirigée vers une nouvelle destination de manière à créer différents degrés de tension et de distension qui changeaient tout le temps sans se résoudre à un endroit précis, comme dans le cas des formes dans la nature. Cette phase d'expérimentation et de performance avec le public a existé tout au long de ce doctorat et à partir de cette occasion, elle a été incorporée au processus de création. Cela permet non seulement de prendre du recul par rapport à ses propres idées, mais

également de partager son point de vue avec autrui et de revisiter sa propre création grâce à l'enrichissement apporté par des individus issus de divers milieux culturels.

Pour la réalisation du projet *Météorologie sonore*, un dispositif a été élaboré au sein de l'environnement *Max*³⁶⁷, en deux étapes distinctes. Lors de la présentation au musée *MAMAC*, une première version intégrait exclusivement les fonctionnalités de transcodage des données météorologiques à travers des oscillateurs. Ultérieurement, en 2020, en vue de la production des versions instrumentales, une seconde version (Figure 26) incorporait la possibilité de stocker les données transcodées sous forme de fichiers texte et de partitions, en utilisant la bibliothèque *bach*³⁶⁸ au sein du même environnement *Max*.

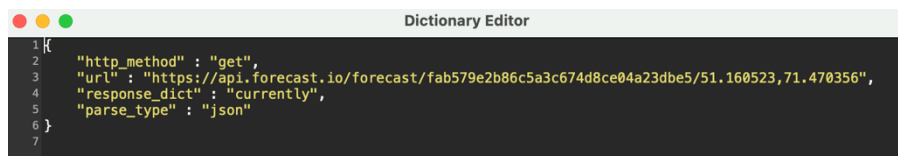


Figure 26 : Patch « Météorologie Sonore » (2020). [Capture d'écran].

Le dispositif a été conçu pour extraire des données toutes les quatre secondes à partir d'une station météorologique en ligne. Un élément de type *toggle* active un objet *metro* qui, toutes les 4000 ms, déclenche un événement via un objet *bang*. Cet événement consiste en une requête adressée à un site web (Figure 27), en spécifiant l'API, l'identifiant, les coordonnées de latitude et longitude de la ville dont on souhaite obtenir les données, ainsi que le type de données (actuelles, par jour, par mois, etc.). Voici un exemple de requête :

³⁶⁷ *What is Max? | Cycling '74*. (s. d.). Consulté 12 avril 2023, à l'adresse <https://cycling74.com/products/max>

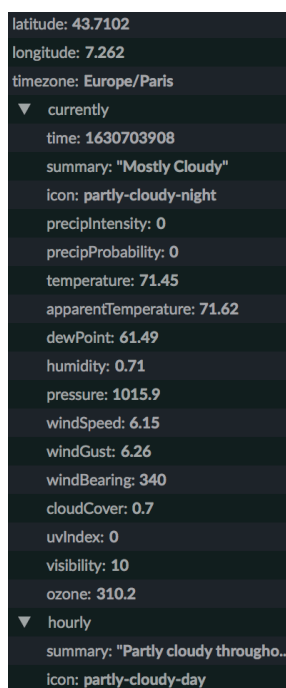
³⁶⁸ *bach: Computer-aided composition in Max | Ircam Forum*. (s. d.). Consulté 12 avril 2023, à l'adresse <https://forum.ircam.fr/projects/detail/bach-computer-aided-composition-in-max/>



```
1 {
2   "http_method" : "get",
3   "url" : "https://api.forecast.io/forecast/fab579e2b86c5a3c674d8ce04a23dbe5/51.160523,71.470356",
4   "response_dict" : "currently",
5   "parse_type" : "json"
6 }
7
```

Figure 27 : Requête effectuée sur l'objet "dict" à la station météorologique. [Capture d'écran].

Par la suite, les données sont stockées dans un objet « dict » (Figure 28), qui, dans l'environnement *Max*, consiste en une structure de données stockant des paires clé-valeur et permettant de créer et de manipuler des dictionnaires. Dans notre cas, une fois ces paramètres insérés, nous obtenons des données telles que le fuseau horaire (*time zone*), le *timestamp* (calculée depuis le 1er janvier 1970 à 0 heure UTC jusqu'au moment à représenter), une description générale des conditions météorologiques représentées, ainsi que des valeurs d'intensité et de probabilité de précipitations, de température, de température ressentie, de point de rosée, d'humidité, de pression atmosphérique, d'intensité et direction du vent, de couverture nuageuse, d'indice UV, de visibilité et d'ozone. Les variables sélectionnées sont les suivantes : la température, la vitesse du vent, l'intensité des précipitations et la couverture du ciel. Cette sélection est fondée sur la diversité des rythmes de variation de ces différentes valeurs.



```
latitude: 43.7102
longitude: 7.262
timezone: Europe/Paris
currently
time: 1630703908
summary: "Mostly Cloudy"
icon: partly-cloudy-night
precipIntensity: 0
precipProbability: 0
temperature: 71.45
apparentTemperature: 71.62
dewPoint: 61.49
humidity: 0.71
pressure: 1015.9
windSpeed: 6.15
windGust: 6.26
windBearing: 340
cloudCover: 0.7
uvIndex: 0
visibility: 10
ozone: 310.2
hourly
summary: "Partly cloudy througho..."
icon: partly-cloudy-day
```

Figure 28 : Données météorologiques collectées et stockées dans un dictionnaire. [Capture d'écran].

Les valeurs météorologiques recueillies, telles que la température, la vitesse du vent, l'intensité des précipitations et la couverture nuageuse, concernaient vingt-huit villes à travers le monde, quatre pour chaque continent : Godthab/Nuuk, Toronto, New York et Mexico pour

l'Amérique du Nord et Centrale ; Bogotá, Sao Paulo, Lima et Buenos Aires pour l'Amérique du Sud ; l'Île Bouvet, la Géorgie du Sud, les îles Shetland du Sud et les îles Orcades du Sud pour l'Antarctique ; Nice, Berlin, Tallinn et Stockholm pour l'Europe ; Lagos, Le Caire, Nairobi et Windhoek pour l'Afrique ; Almaty, Kolkata, Séoul et Manille pour l'Asie ; et Port Moresby, Sydney, Nouméa et Auckland pour l'Océanie.

À partir des données reçues, chaque métadonnée a été attribuée à un type d'oscillateur, générant un son résultant complexe et en mutation à partir d'ondes simples. Évidemment, nous n'écoutons pas en continu tous les sons de manière ininterrompue. Pour cela, il a été déterminé que chaque fois qu'un changement se produirait, une enveloppe serait appliquée à cette fréquence, avec une durée fixe de 3500 ms. Chaque valeur a été multipliée par 100 pour les ramener dans une plage audible, en maintenant la relation entre les différentes valeurs, même si les mesures correspondent à des paramètres différents. L'attribution des oscillateurs correspondait à : température -> ondes sinusoïdales, vitesse du vent -> ondes triangulaires, intensité des précipitations et couverture nuageuse -> ondes en dents de scie (Figure 29).

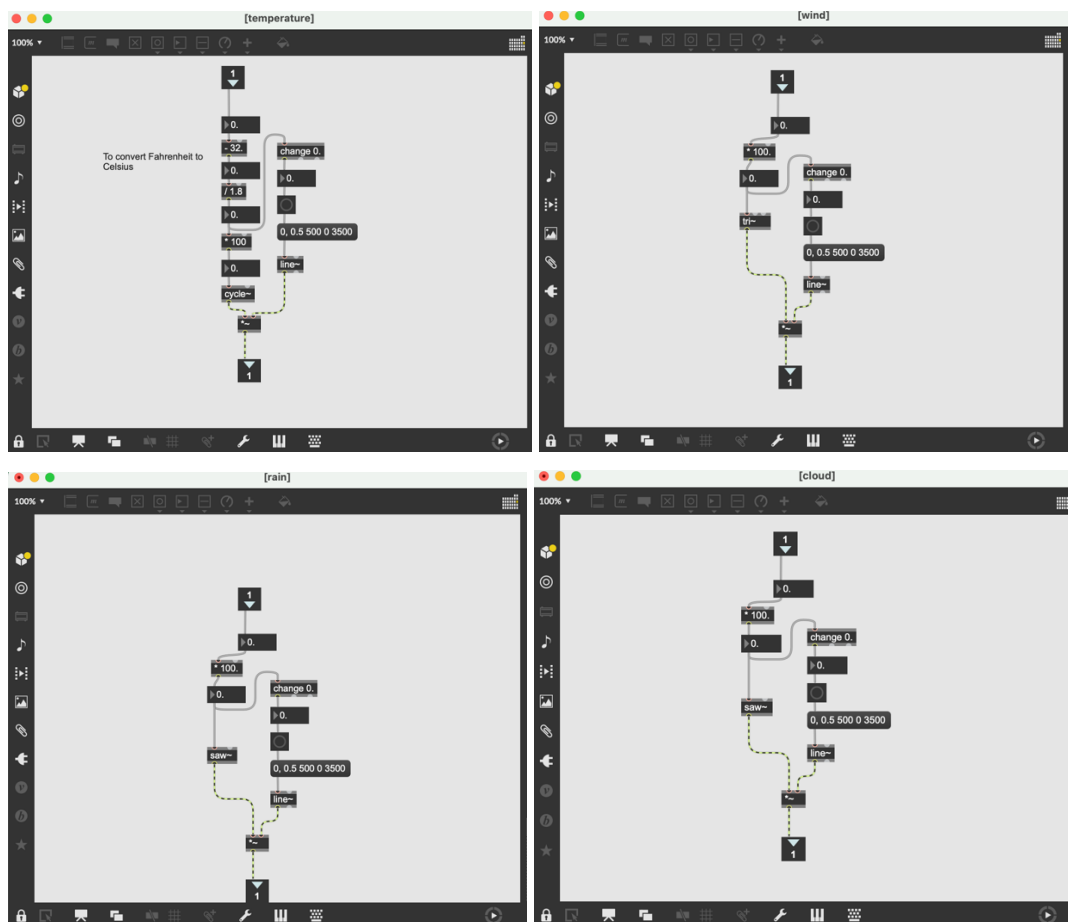


Figure 29 : Oscillateurs correspondant à chaque métadonnée, activés à chaque changement dans les données reçues. [Capture d'écran].

Ainsi, ce que nous avons perçu est le résultat de ce contrepoint entre les variations météorologiques, générant par conséquent des contours mélodiques, des harmonies et des rythmes.

6.2. #MétéoValberg

Grâce à ces expériences menées dans un cadre public ouvert à l'interaction du public, cette étape a été suivie par l'intégration de la fonction de création de partition, visant une « musification » (pour la différencier de la sonification, qui vise la synthèse sonore), dans une transcription en notes avec une notation traditionnelle. Dans ce cas, au lieu de transcoder les données en son à travers des oscillateurs, les données ont été utilisées pour être transformées en notes MIDI.

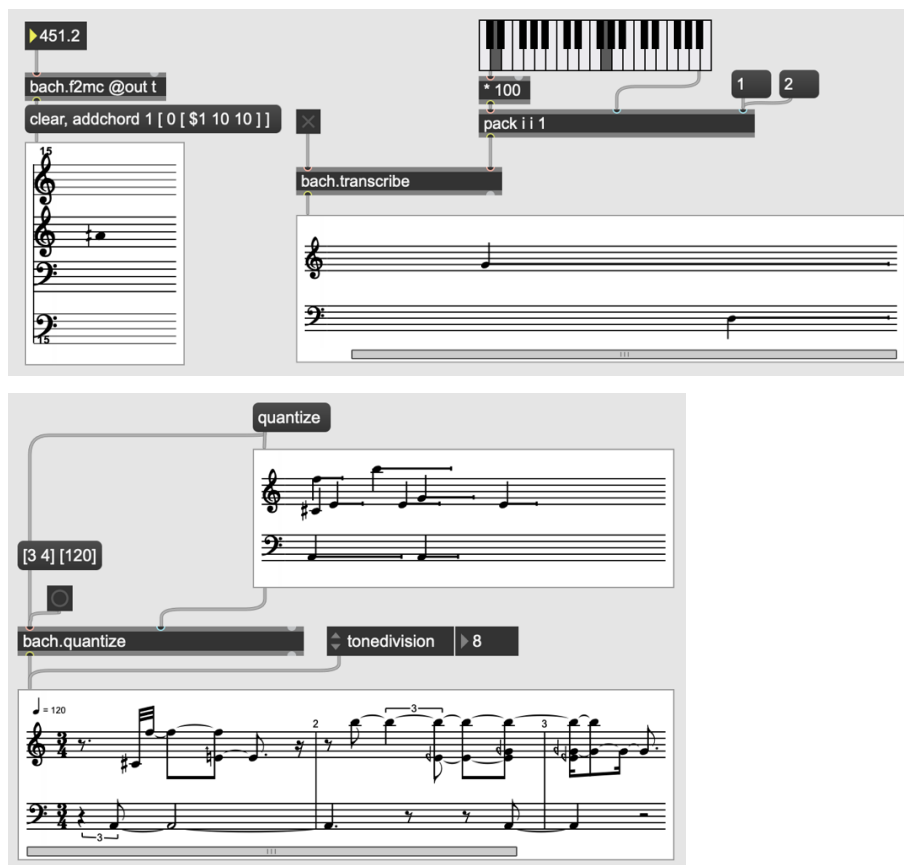


Figure 30 : Objets « *bach.f2mc* », « *bach.transcribe* » et « *bach.quantize* ». [Capture d'écran].

Pour cela, la conversion de fréquence (Hz) en « midicents » a été réalisée, permettant la transcription des fréquences, en incorporant des microtons. Cela a été effectué en utilisant l'objet *bach.f2mc*, adapté à cette fonction. Ensuite, à partir des valeurs de hauteur des notes en

midicents, l'objet *bach.transcribe* a été utilisé, et a permis à partir de données en III contenant les informations de *cents*, *velocity* (*velocity* = 0 est égal à *voice off*), numéro de voix et durée, de transcrire les notes en une *bach.roll*, une partition qui se déploie dans le temps comme un *piano roll*. La durée a été établie à 1000 ms et l'intensité au départ de manière aléatoire. Le résultat en termes de volume sera la résultante de la densité de sons déclenchés. Finalement, l'objet *bach.quantize* effectue une quantification de la partition à partir de la détermination d'une signature temporelle et d'un tempo (Figure 30).

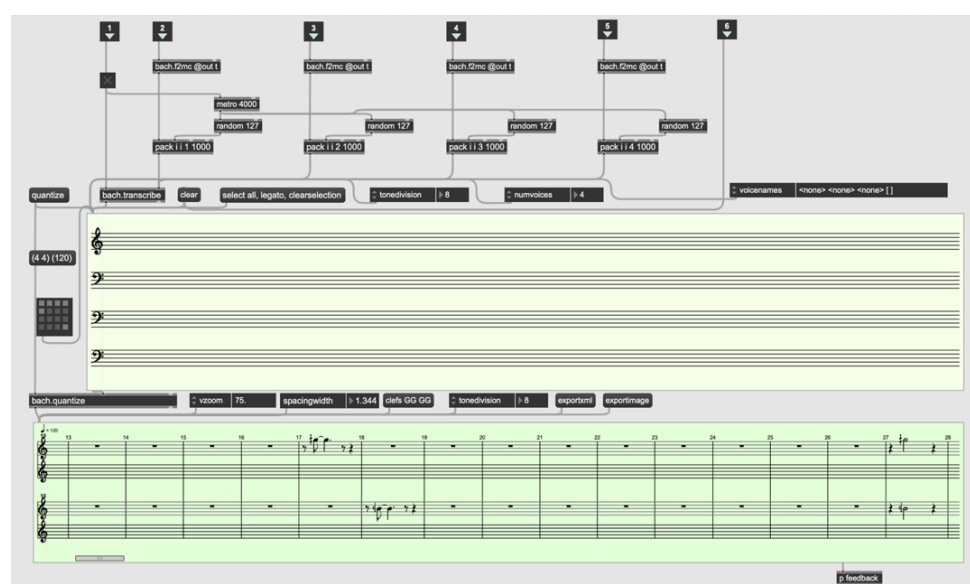
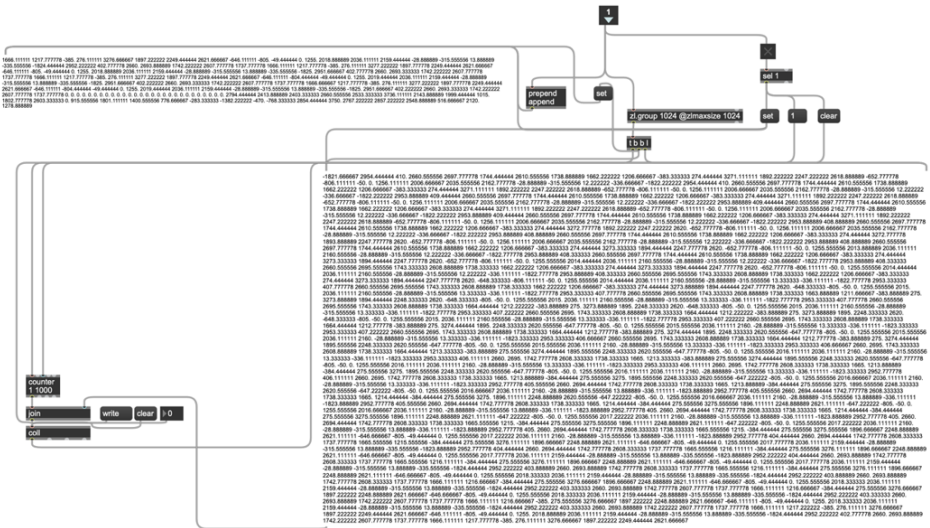


Figure 31 : Stockage des données sous forme de texte et de partition. [Capture d'écran].

Les données sont conservées sous forme de partition et de texte, grâce à l'emploi de l'objet *coll*. Ces deux catégories de matériaux sont ensuite exportées pour une utilisation ultérieure, permettant de sauvegarder les partitions en tant que préélagages pour les consulter en mode « hors ligne », comme le montre la Figure 31.

Avec ce dispositif, j'ai capturé un échantillon d'une durée d'environ 10 minutes, que j'utiliserais par la suite dans son état brut, pour être interprété par des instruments virtuels lors d'une performance en ligne intitulée *Controverse #05 : le numérique au service de l'art et de la création ?*³⁶⁹. Cette première version de #MétéoValberg a été réalisée au sein d'une salle virtuelle de la plateforme *Mozilla Hubs*³⁷⁰ (une situation favorisée par les multiples confinements pendant la crise sanitaire), dans le cadre de ces *Controverses numériques* organisées par *Le Hublot*³⁷¹ au centre culturel *109*³⁷². Les événements étaient composés d'une première partie où se déroulait un débat sur un sujet proposé, auquel le public pouvait assister sous la forme d'un avatar, et d'une seconde partie dédiée à une performance artistique en ligne.

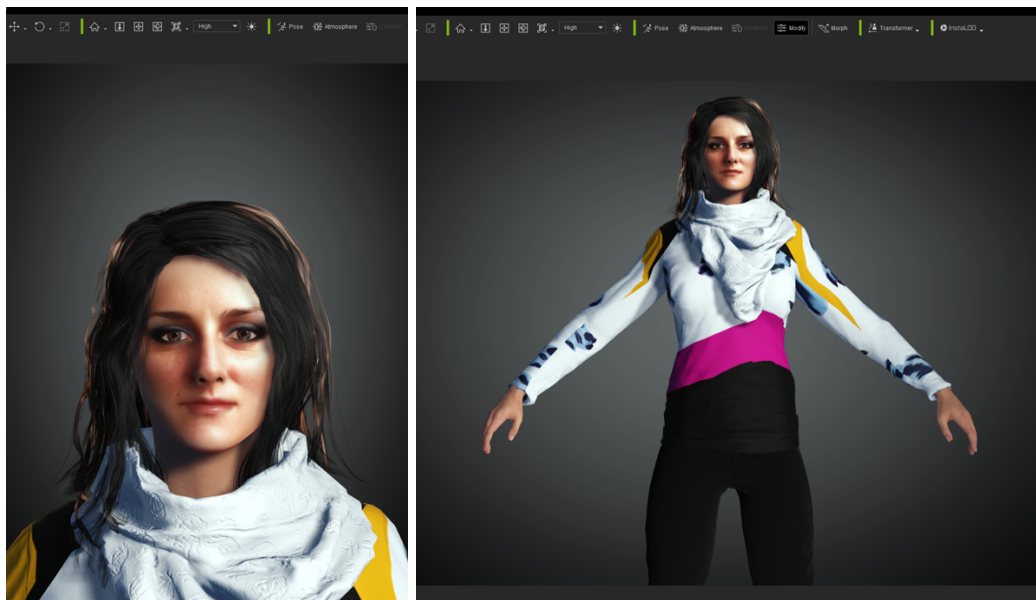


Figure 32 : Mon avatar, réalisé avec « Character Creator » (2021). [Capture d'écran].

Afin de préparer #MétéoValberg, j'ai envisagé la création d'une performance en direct mettant en scène mon avatar (Figure 32), me « transportant » dans un espace naturel imaginé, où la musique émanerait de la nature elle-même. L'avatar tenterait alors de « diriger » cette musique générée par l'environnement. Pour ce faire, j'ai effectué une visite du village Valberg

³⁶⁹ *Le Hublot*. (2021). *Controverse #05 : Le numérique au service de l'art et de la création ?*. Consulté 13 avril 2023, à l'adresse <https://www.lehublot.net/tag/romina-s-romay/>

³⁷⁰ Hubs—Private, virtual 3D worlds in your browser. (s. d.). Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://hubs.mozilla.com/>

³⁷¹ *Le Hublot—Fabrique numérique de territoire*. (s. d.). Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://www.lehublot.net/>

³⁷² *Le 109 | Pôle de cultures contemporaines à Nice—Site officiel*. (2023). Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://le109.nice.fr>

afin de réaliser des enregistrements audio et vidéo à 360° de l'environnement sur trois jours distincts, dans le but d'obtenir des images représentant trois conditions météorologiques différentes. J'ai utilisé une caméra *Qoocam 8K*, un microphone *Sennheiser Ambeo VR* et un enregistreur portable *Zoom H8*. À la suite de l'obtention de ces enregistrements et des données météorologiques nécessaires pour la partition, j'ai créé mon avatar à l'aide du logiciel *Character Creator* et du plugin *Faceshot*.



Figure 33 : *Captation de mouvement, captation 360° à Valberg et face tracking* (2021). [Photographies]

La capture de mouvement a été réalisée à l'aide d'une combinaison de capture *Neuron Perception*, permettant de reproduire les mouvements de direction d'orchestre correspondant à la partition. Les enregistrements à 360° ont ensuite été assemblés dans l'environnement

*Iclone*³⁷³ (Figure 33), l'avatar a été intégré avec l'animation créée et la partition a été interprétée par des instruments virtuels (chromatiques) dans un *DAW*, en groupant les données par métadonnées, puis en les distribuant aux différents groupes instrumentaux. Enfin, un système de particules lumineuses réactives au spectre musical a été ajouté pour enrichir la performance.

Dans le cadre de l'événement de *Controverses numériques*, ma participation a été effectuée à travers quatre avatars distincts : deux avatars créés à partir des standards de Mozilla Hubs, l'un diffusant mon flux en direct de météorologie mélangé à ma voix (via *VBcable*³⁷⁴ et *OBS*), et l'autre déclenchant l'avatar à Valberg ; un troisième avatar apparaissait dans un écran - en diffusant mon visage grâce au *face tracking* avec le plugin *Motion Live - Faceware Facial Mocap* d'*Iclone*- ; et un quatrième avatar « dirigeait » la musique « de la nature » - météorologie- à Valberg (Figure 34). Après une brève introduction, j'ai entamé la performance en réalisant un streaming de la « musification » des données météorologiques en temps réel, afin de mettre en avant la procédure décrite précédemment. J'ai ensuite déclenché la vidéo pré-enregistrée de la production réalisée à partir de l'enregistrement de dix minutes de la *Météorologie Sonore*, accompagnée par le streaming sonore et le défilé des images dans la montagne.

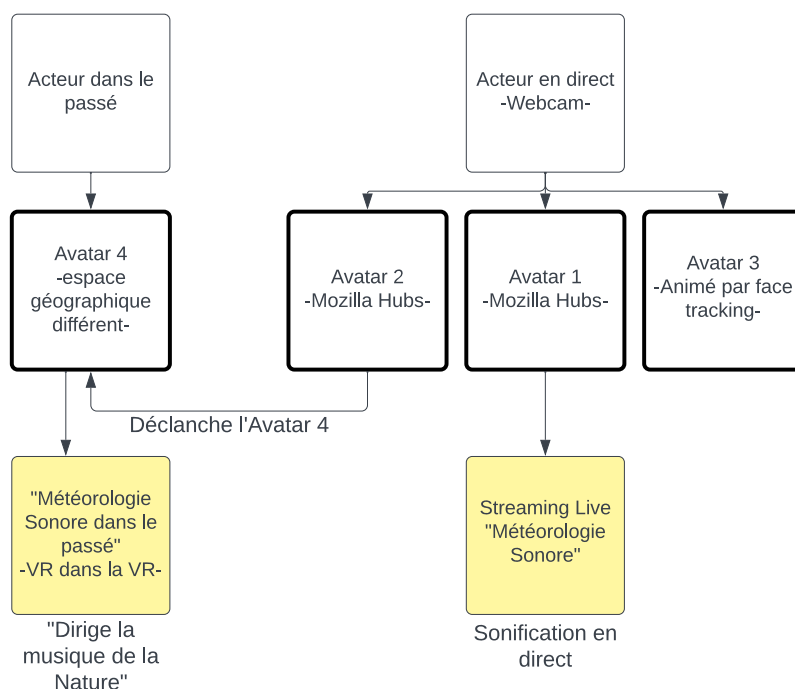


Figure 34 : Schéma des relations dans la performance de « #MétéoValberg ». [Diagramme]

³⁷³ *Character Animation Software—3D Animation Software. Character Animator | IClone | Reallusion*. Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://www.reallusion.com/iclone/default.html>

³⁷⁴ VB-Audio Virtual Apps. (s. d.). Consulté 15 avril 2023, à l'adresse <https://vb-audio.com/Cable/>

Bien que la plateforme ne permette pas de programmer des interactions, elle propose un éditeur en ligne nommé *Spoke*, qui autorise l'importation de structures 3D, de particules, de liens web, de photos, de vidéos et d'audios, ainsi que la modification du type d'écoute sonore. Les avatars présents dans la salle peuvent se déplacer dans l'espace VR pour réaliser leur propre mixage en s'approchant ou s'éloignant des sources sonores. Ils peuvent également utiliser divers outils pour interagir dans l'espace, tels que l'insertion de médias et d'objets 3D, la prise de photos, l'écriture dans l'environnement, la transmission de sons via leur microphone, le déclenchement de vidéos et le chat. L'animation de mon double avatar par *face tracking*, ainsi que la météorologie sonore en direct, ont été diffusées en temps réel grâce au logiciel *OBS*, permettant l'intégration et la configuration adéquate pour un streaming multi-sources d'images et de sons.

Cette expérience m'a conduite à élaborer des projets pédagogiques destinés aux enfants, tels que « *XR Matisse* »³⁷⁵ (un espace de jeu VR interactif créé avec *Unity*) dans le cadre du programme UCA^{JEDI} Junior et *Tous ensemble autour du sport*³⁷⁶ (un environnement ludique comprenant des chants et des avatars, sur Mozilla Hubs) avec le « *Collège Alphonse Daudet* ». Par ailleurs, les limitations de cet espace en matière de programmation m'ont incité, par la suite, à concevoir des performances interactives entre le son et les environnements 3D sur d'autres plateformes. Cette réflexion a donné naissance à l'œuvre « *La rose et les étoiles* », qui sera abordée plus tard au cours de cette étude.

Suite à l'expérience du virtuel en réalisant *#MétéoValberg*, le développement ultérieur a consisté à transformer le matériau sonore (Figure 35), toujours en format MIDI, en une partition pouvant être interprétée par des instrumentistes, revenant ainsi à une version naturelle et dépourvue d'interfaces numériques. Cela a impliqué l'articulation des harmonies soutenues, l'extraction de mélodies à partir des contours mélodiques, l'analyse des courbes dynamiques et également de retravailler les matériaux découverts, en écoutant ce qui avait résulté de *#MétéoValberg*.

³⁷⁵ ROMAY, R. (2022). *XR Matisse. Ateliers UCA JEDI JUNIOR au CIRM*. Consulté 15 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=Hu4k9AJabjg>

³⁷⁶ LES FABRIQUES A MUSIQUE OFFICIEL (2021). *La Fabrique Musique Contemporaine 2021 présente « Tous ensemble autour du sport » avec Romina S. Romay*. Consulté 15 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=DiJO3NEZos0>

MÉTÉO VALBERG

The image displays a complex musical score for the piece 'MÉTÉO VALBERG'. At the top, the tempo is marked as $\text{♩} = 120$. The score is organized into several systems of staves. The first system includes the vocal line (Soprano, Alto, Tenor, Bass) and a piano accompaniment. The second system features a woodwind section with Flute, Clarinet in E-flat, Clarinet in B-flat, Bassoon, and Bass. The third system includes Percussion 1 and Percussion 2. The fourth system covers the brass section with Trumpet in F, Trumpet in C, Trombone, and Tuba. The fifth system is for the strings, including Violin I, Violin II, Viola, Violoncello, and Contrabasse. The score is annotated with dynamic markings such as *pp*, *mp*, and *mf*, and includes various musical notations like slurs, accents, and articulation marks. The MIDI input is highlighted in pink throughout the score.

Figure 35 : *Processus de transformation du résultat MIDI (en rose) en partition instrumentale.* (2022). [Partition]

6.3. Fréquence Terre

L'élaboration ultérieure d'une composition instrumentale en dehors de l'instance de génération de partitions en direct permet de concevoir et de développer un processus compositionnel plus élaboré, conçu pour être incarné dans le corps avec une gestuelle organique et adapté aux possibilités techniques des musiciens « IRL » (*in the real world*), tout en s'appuyant sur les modèles précédents. Dans cette direction, dans un premier temps, j'écoute plusieurs fois la simulation MIDI et je marque les passages où il y a une mélodie qui se forme en une sorte de « *Klangfarbenmelodie* » (ou « mélodie de timbre ») entre les différents

instruments, un rythme ou une harmonie que je souhaite mettre en valeur, ou qui suggère un traitement compositionnel particulier, et je prends des notes sur les images que les différentes sous-sections éveillent en moi dans le flux de la musique. Autrement dit, à ce stade du processus, j'interviens de manière plus présente à travers ma perception musicale et esthétique des modèles qu'elle révèle.

Dans un deuxième temps, je commence à traiter tous les éléments en tenant compte de mes annotations et en utilisant diverses procédures pour amplifier ce qui a été perçu grâce à des techniques compositionnelles. Dans le cas de *Fréquence Terre*, les enregistrements du modèle étaient assez pleins de sons, avec très peu de silences et dans cette forme « vitale », il était difficile de trouver ces respirations, de sorte que travailler sur les densités est devenu un défi, générant des textures en masse avec divers degrés de densité. J'ai essayé, en quelque sorte, de préserver cette caractéristique, comme je l'ai dit précédemment, comme un état d'une chose, un pattern en mouvement.

Au cours de ce processus d'adaptation et de transformation, les partitions ont dû être mises en adéquation avec les modes de jeu des instruments et les techniques d'émission vocale. Il a été nécessaire de travailler sur la concordance entre la durée des notes musicales et les capacités respiratoires des chanteurs et instrumentistes, d'adapter pour la voix les phonèmes choisis aux différentes hauteurs du registre et d'interpréter les notes microtonales en partant des notes en consonance avec l'harmonie pour faciliter l'interprétation, surtout étant donné qu'il s'agissait d'une formation réunie uniquement pour cette occasion, ne disposant que de quelques rencontres avant l'enregistrement de la pièce. Dans le cas des cordes, de nombreux *divisi* ont été utilisés afin d'étendre la couverture harmonique et différents « effets sonores ». Compte tenu des caractéristiques de la source de données du modèle, provenant de la nature, des passages partiellement « improvisés » ont été ajoutés au début et à la fin de la pièce, durant lesquels les musiciens et les chanteurs ont interprété leur partie avec une certaine liberté, en improvisant des passages sur divers paramètres et consignes établis. Cette improvisation permet de laisser place à l'interprétation personnelle de chaque musicien et chanteur, à sa « naturalité ».

Les données structurelles et les valeurs numériques collectées ont été utilisées pour élaborer les paroles interprétées par les chanteurs. L'intégralité des textes a été condensée dans un objet « *coll* » au sein d'un patch *Max* (Figure 36). Cet objet permettant le stockage, l'organisation et la récupération des informations, génère des combinaisons de mots de manière aléatoire en fonction du chanteur sélectionné, qu'il s'agisse d'une soprano, d'une alto, d'un baryton ou d'une basse.



Figure 36 : Patch générateur de texte pour la soprano et le chœur. [Capture d'écran].

Le sens de l'œuvre intitulée *Fréquence Terre* réside dans la volonté de communiquer aux musiciens une matière symboliquement « provenant de la Terre », comme une matière primaire et de faire vibrer leurs instruments, leurs voix et leurs corps en résonance avec les changements qui se produisent sur notre planète. Cette œuvre représente cette interconnexion entre l'humanité et la nature, et rappelle que tous les êtres vivants sur la planète sont synchronisés, connectés à la même « fréquence » terrestre.

J'ai dirigé la pièce, avec Elodie Tisserand comme soliste et un groupe de musiciens que j'ai constitué pour l'occasion³⁷⁷, associant des élèves du conservatoire et d'autres musiciens de la région pour constituer l'effectif (Figure 37), grâce à la collaboration du CIRM et du Conservatoire de Musique de Nice, où j'ai effectué un DEM de direction d'orchestre en parallèle de ce doctorat.

L'adaptation qui a été réalisée pour cette œuvre est devenue une partition écrite pour l'effectif suivant : piccolo, flûte I, flûte II, hautbois I, hautbois II, clarinette en Sib I, clarinette en Sib II, clarinette basse en Sib, basson I, basson II, cor en Fa I, cor en Fa II, trompette en Sib I, trompette en Sib II, trombone ténor I, trombone ténor II, trombone basse III, tuba, harpe, solo soprano, chœur mixte (sopranos, altos, barytons, basses), violons I, violons II, altos, violoncelles, contrebasse (avec un minimum de deux cordes par partie).

³⁷⁷ ROMAY, R. (2022) *Weather based composition*, « *Fréquence Terre* ». Consulté 10 avril 2023, à l'adresse https://www.youtube.com/watch?v=Hlvm_NoqJ8



Figure 37 : Pasquini F. (2022). Réalisation et captation de « *Fréquence Terre* » dans le conservatoire de Musique de Nice, grâce à la collaboration du CIRM. [Photographie].

La première partie de l'œuvre débute par une sorte de méditation qui se développe dans un temps cyclique, à la manière d'un rituel. Les cordes jouent un élément mélodique extrait du passage (Figure 54) qui correspond au point d'aboutissement de la section d'initiation au « rite ». Cet élément est étiré et compressé par accélération ou ralentissement rythmique, ainsi que synchronisé et décalé, présenté sous une forme « originale » ou « rétrograde », différentes

versions du même modèle. Le résultat est une hétérophonie, une technique couramment utilisée au Moyen Âge et assez répandue, comme mentionné précédemment, parmi les peuples autochtones. Dans cette technique, deux ou plusieurs voix interprètent la même mélodie en même temps, mais avec de légères variations rythmiques et ornementales qui créent un effet de texture musicale complexe. Sur ce fond polyphonique, la même mélodie apparaît beaucoup plus étendue en durée, alternant différentes couleurs instrumentales, initialement jouées par les cors.

The image shows a musical score for a string ensemble. It consists of five staves: Violons I, Violons II, Altos, Violoncelles, and Contrebasse. The music is in 4/4 time and marked 'Méditatif' with a tempo of 120. The score shows measures 1 through 6. The Violoncelles and Contrebasse parts are mostly silent. The Violons I, Violons II, and Altos parts play a melodic line with some rhythmic variations. Dynamic markings include *p* (piano) and *mp* (mezzo-piano). Performance instructions include 'avec sourdine' (with mute) and '3' (triplets). The score illustrates heterophony, where different instruments play variations of the same melody simultaneously.

Figure 38 : Hétérophonie dans les cordes, au début de l'œuvre, mesures 1-6. [Extrait de partition].

Le chœur commence à réciter des prières et des chants dans différentes langues en chuchotant. Ce n'est qu'avec l'entrée de la soprano soliste que le chœur évolue pour soutenir harmoniquement la chanteuse, formant d'abord un cluster (Figure 39), puis ouvrant progressivement les intervalles de sa mélodie, jusqu'à conclure ensemble en se combinant verticalement en un accord. Ce passage représente la transition du bruit à la dissonance, puis à la consonance, comme une évolution du « chaos » vers « l'ordre ». Le bruit est caractérisé par un ensemble de fréquences partielles non organisées de manière proportionnelle, tandis que le ton consiste en une structure organisée en termes d'harmoniques. Les dissonances présentent davantage de frictions entre leurs harmoniques par rapport aux consonances, qui sont, dans cette perspective, une forme de résolution.

Figure 39 is a musical score for five vocal parts: Solo Soprano (Solo S.), Soprano (S.), Alto (A.), Baritone (Bar.), and Bass (B.). The score spans measures 13 to 18. The Solo S. part features a melodic line with dynamic markings of *mf*, *f*, and *pp*, and performance instructions for 'Singing' and 'Whispering'. The other parts (S., A., Bar., B.) primarily consist of humming, with dynamic markings of *pp* and *mf*. The lyrics for the Solo S. part are: /o/ /r/ /k/ /s/ /r/ /k/ /s/ /r/ /k/ /s/ /r/ /k/ /s/ /r/ /k/ /s/. The lyrics for the Bar. part are: /r/ /k/ /s/ /r/ /k/ /s/ /r/ /k/ /s/ /r/ /k/ /s/ /r/ /k/ /s/ /r/ /k/ /s/.

Figure 39 : Cluster vocal sous la partie soprano soliste, mesures 13-18. [Extrait de partition].

Ces éléments continuent d'évoluer, avec la mélodie initiale et l'augmentation progressive des intervalles ; puis un motif articulé par des staccatos accentués apparaît, intégrant l'élément « percussif » et se transformant en un accompagnement rythmique, à l'image des tambours qui rythment un rituel (Figure 40). Cette section se conclut par la résolution conjointe des chanteurs, des cordes et des trombones en un accord long et soutenu, auquel se joignent une mesure plus tard les cors et les trompettes en tant que résonance. Un piccolo intervient alors, reprenant une version modifiée de l'élément mélodique initial, comme un souvenir.

Figure 40 is a musical score for four vocal parts. The lyrics are: Zé - ro vir - gule Sud hum, La Géor - gie du Sud hum hum hum, Vi - tesse vi du vent /m/ /h/ /m/ /h/ /m/ /h/ /m/, a Zé - ro vir - gule Sud qua - tre vingt deux /m/ /h/ /m/ /h/ /m/ /h/ /m/. The score includes dynamic markings of *p*, *mf*, and *mp*. Red boxes highlight percussive motifs in the vocal lines, which are characterized by staccato notes and accents. An orange arrow points from a motif in the lower vocal part to a similar motif in the upper vocal part.

Figure 40 : L'élément percussif dans la partie vocale, mesures 27-33. [Extrait de partition].

Puis, commence ici une autre section de cette composition qui symbolise le début du temps linéaire. Ceci est représenté par une rythmique en pizzicato des violons, évoquant le tic-tac d'une horloge, sur laquelle réapparaît d'abord aux bassons l'élément mélodique initial avec ses relais respectifs, puis par la flûte et la clarinette. Certains instruments à vent produisent un nuage des sons éoliens, créant un effet de vent. Ces éléments évoluent vers une densification, que ce soit au niveau de l'élément rythmique, du soutien harmonique ou de la fragmentation et de l'accélération de l'élément mélodique, atteignant tous un fortissimo à la mesure 86. La texture s'éclaircit, la harpe apparaît pour prendre le relais de l'élément rythmique et désormais les différentes vagues de sons éoliens apportent des particules sonores avec du ton qui deviennent plus présentes et se dispersent parmi les différents instruments à vent.

The image shows a musical score for measures 94-96. It consists of ten staves. The top staff has a treble clef and a key signature of one flat. The music is characterized by dynamic markings such as *mf*, *ff*, *mp*, *f*, and *p*. There are also articulations like *gliss.* and *pizz.* (pizzicato). The score shows a progression from a noisy, fragmented texture to a more structured and dense one, with triplets appearing in the lower staves.

Figure 41 : Transition du bruit au ton, mesures 94-96. [Extrait de partition].

Ces « particules » de bruit, puis de son (Figure 41), vont progressivement se condenser pour prendre forme et volume, accompagnées par un processus au sein des voix qui, jusque-là, portaient des syllabes fragmentées de mots et qui commenceront à former des mots entiers au

fil de la pièce. Les mots correspondent aux données et métadonnées utilisées pour extraire, ou résultat de l'extraction, de différentes informations météorologiques dans la matière première de la pièce. Ils incluent des noms de villes, de continents, des paramètres météorologiques, des magnitudes, etc. Dans cette section, les chanteurs commencent par mentionner différentes villes et continents de la planète (Figure 42). Il s'agit d'un chemin de construction, à partir de fragments, particules, couleurs, sons, ton et bruit, visant à créer une réalité sonore. Cela représente la diversité d'une planète qui est ainsi « créée ». Le temps se comprime et se densifie par la superposition des rythmes en 3 contre 2, ainsi que des rythmes « ouverts » (*accelerando-decelerando*) jusqu'à la mesure 105, où la soprano se retire temporairement.

The musical score for Figure 42 spans measures 104 to 112. It features a dense orchestration with multiple woodwinds, brass instruments, harp, and vocalists. The vocal parts (Solo Soprano, Soprano, and Alto) are the primary focus, with lyrics in French: 'Me-xique', 'Sao-Pau-lo', 'Me-xique', 'Al-ve-s', 'Buc-ree', and 'Me-xique'. The score includes various dynamic markings (ff, mp, p, mf) and performance instructions like 'molto vibrato' and 'gliss.'. The rhythmic structure is complex, involving 3/2 time signatures and triplets.

Figure 42 : Apparition des noms des villes, mesures 104-112. [Extrait de partition].

Ce passage culmine à la mesure 105, où la texture s'éclaircit de nouveau et le temps s'étire. À ce moment, avec la soprano réapparaît avec le mot « Mexique ». Des traces de sons

harmoniques subsistent dans les cordes qui se déplacent d'une section à l'autre, spatialisant ces « fils » de ton, comme une résonance se déplaçant dans l'espace « circulaire ». Le large vibrato initial des cuivres est suivi d'accords superposés avec différentes rythmiques dans les bois, créant des « touches » de « couleur », des vibrations diverses. Le tout est accompagné à la basse par une montée en quintes, de la clarinette basse relayée par une clarinette II (Figure 43).

The image displays a complex musical score for measures 113 to 117. The score is arranged in two systems. The first system includes parts for Piccolo (Picc.), Flute I (Fl. I), Flute II (Fl. II), Horn I (Hb. I), Horn II (Hb. II), Clarinet I (Cl. I), and Clarinet II (Cl. II). The second system includes Violin I (V. I), Violin II (V. II), Viola (V. II), Alto (A.), Cello (Vc.), and Double Bass (C. B.). The music features intricate polyrhythmic patterns, particularly in the woodwind and string sections. Dynamic markings such as *p*, *mf*, *f*, *mp*, and *ff* are used throughout. The double bass part includes *pizz.* (pizzicato) and *arco* (arco) markings, indicating a mix of percussive and sustained sounds. The overall texture is dense and layered, with various rhythmic values and articulations.

Figure 43 : *Polyrythmies intermittentes*, mesures, 113-117. [Extrait de partition].

Cette clarté dans la texture confère un autre cadre à l'apparition de ces villes, suivie de l'articulation des barytons et basses enchaînant différentes syllabes mélangées, correspondant aux paramètres et mesures météorologiques. Les cordes produisent différents types d'accélération et de décélération, poursuivant la superposition des rythmes, 5 contre 7 contre 8, rendant le temps plus rugueux ou plus lisse ; de même, des glissandos apparaissent de façon intermittente pour enrichir la texture, générant des hybrides entre le son articulé et le son glissé.

Mesure 123. Un motif rythmique apparaît, « pulsant » le temps. Cet élément alterne entre les bois et les cuivres tout en continuant de multiplier et de faire se succéder les différentes villes du chœur. La texture commence à se densifier de nouveau dans les cordes grâce à l'inclusion de blocs intermittents d'harmonies qui alternent. Ces blocs d'harmonie sont

accompagnés d'une sorte de bourdon dans le grave, tel un élément intrusif découlant des glissandi et du son granulé. Ceci contraste avec la progression rythmique du motif en arpèges tronqués qui avance. Cet élément alterne initialement entre les contrebasses puis passe à d'autres cordes comme l'alto, pour ensuite monter en volume aux instruments à vent, comme on peut le voir à partir de la mesure 159. Le bourdon génère une sorte de tension, comme une rugosité qui reste fixe dans une sorte d'aller-retour épaississant une note, la note sol, freinant l'écoulement des harmonies et des rythmes. Cette tension croissante entre l'élément stable et l'élément instable, l'élément qui avance d'une part, et le bourdon qui fixe et se propage partout, finit par « exploser » dans la mesure 165 où tous ces éléments coexistant se transforment.

The image shows a page of a musical score, measures 163 to 171. The score is for a large ensemble, including Piccolo (Picc.), Flutes I and II (Fl. I, Fl. II), Horns I and II (Hob. I, Hob. II), Clarinets I and II (Cl. I, Cl. II), Bassoons I and II (Bsn. I, Bsn. II), Cor Anglais I and II (Cr. I, Cr. II), Trumpets I and II (Tpt. I, Tpt. II), and Trombone I (Tbn. I). The music features complex arpeggiated patterns in the woodwinds and strings, with dynamic markings ranging from *mf* to *fff*. A 'molto accel.' marking is present above the Piccolo staff. The score includes various performance instructions such as 'stop mute', 'wooden mute', and 'plunger mute'. The page number '20' is visible in the top right corner.

Figure 44 : Déploiement de l'harmonie en arpèges, mesures, 163-171. [Extrait de partition].

Ce passage symbolise les différents états de construction et de destruction, d'ordre et de chaos, de stabilité et de conflit, de progression et de régression dans la perception de la réalité. À partir de la mesure 165 commence une accélération progressive représentant une accélération du temps pour « surmonter » le conflit. L'harmonie s'ouvre dans les bois sous forme d'arpèges en division ternaire (Figure 44) qui finissent par se reposer sur une note tenue, créant des harmonies avec les autres instruments, jusqu'à s'évanouir. Ce processus se produit à des vitesses différentes dans d'autres groupes instrumentaux : dans le groupe des cuivres, puis dans les cordes et les chanteurs. Cette situation de multiples temporalités est interrompue par des arrêts abrupts et inattendus du temps où des accords homorythmiques se superposent sur une

harmonie arrivant aux points d'orgue (Figure 45), comme dans les mesures 191-192 et 200-202. À chaque fois, la reprise est dans un tempo plus rapide.

The image shows a musical score for a vocal and instrumental ensemble. It consists of several staves. The top three staves are vocal parts with lyrics in French and English. The lyrics include: "New York", "Ber -", "New York", "Port - Mo - res - by", "Kol - ka - ta Ber - lin", "geu - euse. nu - a - geu - se vi - tesse - du vent", "conde - Deux vir - gule quatre -", "tions - té In - ten - si - té". The score includes dynamic markings such as *f*, *ff*, *pp*, *p*, and *mp*. There are also triplet markings (3) and fermatas (⌋) throughout the piece. The bottom staves show instrumental accompaniment with various rhythmic patterns and dynamics.

Figure 45 : Interpolation des points d'orgue, mesures 189-194. [Extrait de partition].

La troisième fois, dans les mesures 210-211, se produisent des attaques incisives des cuivres qui vont freiner cette accélération par un dernier arrêt. En conséquence, on passe à 212 d'une division de la mesure en quatre noires, à une division de la mesure en deux blanches où les différents éléments se dissolvent dans des longues figures, dans un temps ralenti. L'harmonie, sous forme d'oscillations entre différentes notes, passe des bois au chœur qui réalise ses oscillations en alternant entre deux notes. Les cordes sont maintenues dans un soutien harmonique combiné avec des glissandos d'harmoniques et des notes tenues de violons en *divisi*. Les nuages de couleurs harmoniques se succèdent dans les bois et les cuivres pendant que la soprano fait ses dernières interventions. La dynamique générale diminue progressivement et se réduit aux différents intervalles mélodiques, réduisant les intervalles d'arpèges à simplement deux notes, voire à une seule note.

Figure 46 : La fin des cordes col legno battuto en boucle jusqu'à la disparition des voix, en contraste avec le principe hétérophonique, à partir de la mesure 288. [Extrait de partition].

La soprano effectue un dernier parcours à travers les différentes villes des différents continents, réduisant graduellement les intervalles, ponctués par les derniers éclats de la harpe. Finalement, tout se réunit dans la même note sol, puis l'on retourne au bruit avec les murmures des chanteurs et les effets d'air des vents. Le « mantra » des cordes initial se transforme en des coups de baguette *col legno battuto* des cordes (Figure 46). Cette partie qui est « ouverte », tout comme le début de la pièce pour les chanteurs, l'est également ici pour les musiciens instrumentistes dans cette zone « hors du temps », où ils improvisent des mélodies autour d'une note. Lorsque les chanteurs terminent leurs interventions, ils sont accompagnés de mélodies sous forme de « prières » ou « ragas » à la Terre de certains des musiciens. Il y a ici l'idée de retour à l'origine symbolisée par cette condensation des éléments de base. En quelque sorte, on utilise cette analogie de la construction et de la déconstruction, par rapport à un modèle de base. La composition, dont la durée est d'environ treize minutes selon l'interprétation, est conçue comme un vaste continuum de processus successifs engendrant le temps, l'espace et la matière. Ceci est accompli par l'intermédiaire d'extensions et de compressions temporelles, de densifications et de soustractions, de synchronisations et de décalages, ainsi que d'homogénéités et d'hétérogénéités des éléments, donnant naissance à des courbes dynamiques

organiques. Le tout est symbolisé comme une méditation intemporelle en harmonie avec la fréquence de la Terre.

6.4. Weather Sounds

L'objectif de *Weather Sounds*³⁷⁸, une installation en ligne, est de laisser une empreinte sur le web du processus créatif élaboré autour de la météorologie. C'est une manière de revenir au point de départ initial de ces explorations, qui a consisté en l'installation interactive nommée *Météorologie sonore*, mais cette fois-ci située sur Internet, accessible à tous les utilisateurs connectés. Cette installation est conçue avec *JSPatcher*³⁷⁹ (Figure 47), un langage de programmation visuel émulant les fonctionnalités de *Max/PureData* développé par Shihong Ren. Elle utilise également *AudioNodes*, Javascript, APIs et *Faust*.

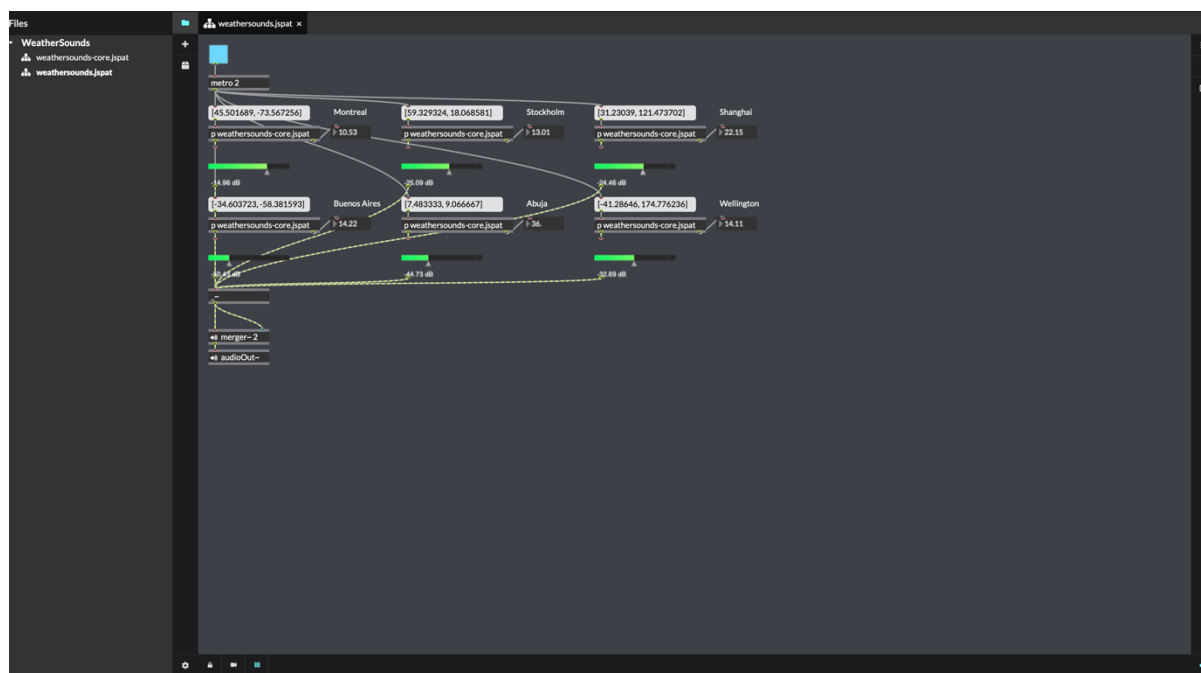


Figure 47 : « *Weather Sounds* » en « *JSPatcher* ». [Capture d'écran].

Le patch permet d'écouter en temps réel la « musification » des valeurs de température de différentes villes, en activant le son via l'icône en bas à droite, puis en appuyant sur le bouton *toggle* situé en haut à gauche. En déplaçant les « *sliders* » de chaque ville, il est possible d'entendre le son associé à chaque ville, tout en faisant un mixage entre les différents

³⁷⁸ *Weather Sounds*. Projet collaborative avec REN Shihong et son environnement en ligne, JSPatcher <https://jspat.shren.site/dist/?projectZip=https://static.shren.site/weathersounds/project.zip&file=weathersounds.js.pat>

³⁷⁹ *JSPatcher*. Consulté le 14 avril, à l'adresse <https://github.com/Fr0stbyteR/jspatcher>

oscillateurs³⁸⁰. Le patch est modifiable, ce qui permet de créer une version personnalisée du patch. Dans ce cas, comme « *Dark Sky* » n'est plus en fonction, des requêtes des données sont effectuées auprès de « *Openweathermap* ».

³⁸⁰ « *Weather Sounds* », *screen recording*. Consulté le 14 avril, à l'adresse <https://youtu.be/RA8Vz6xV6No>

Chapitre 7 - De données de plantes à une partition d'ensemble

Dans ce chapitre, nous décrivons la démarche créative élaborée depuis la collecte en temps réel de données issues des végétaux, en termes de température, d'humidité et de conductivité, grâce à des circuits électroniques conçus spécifiquement pour ce projet, jusqu'à la production d'une œuvre musicale pour neuf saxophones. La même source de données, c'est-à-dire les données recueillies en direct auprès des plantes, a été utilisée pour différentes productions. Au début, l'idée initiale était de pouvoir écouter l'état de différents types de plantes par le traitement des données et l'assignation des métadonnées aux catégories musicales. Dans un deuxième temps, la possibilité de synthétiser des partitions musicales en temps réel a été incluse, comme une sorte de trace de cette rencontre entre ce public et les végétaux et dans une étape ultérieure, cette trace musicale a été utilisée pour produire un format d'œuvre exécuté par des musiciens en direct. Dans ce cas, un groupe de saxophones a été choisi, étant donné la facilité avec laquelle les micro-intervalles pouvaient être interprétés à l'aide de différentes techniques, permettant de garder plus précisément, cette fois-ci, les contours mélodiques.

Le même modèle de source de données, c'est-à-dire l'état des plantes en relation avec leur environnement, a été ainsi utilisé pour diverses réalisations, telles que *Whispers of Nature*, une performance basée sur la « musification » des données végétales filtrées et modifiées par des contrôleurs et par le touché/proximité, d'abord en tant que jardin sonore au *Château de la Napoule* (avec des fragments de texte d'un poème d'Emmanuel Fillot, *Les avectives botaniques* » écrit sur ces mêmes jardins, pour être présenté par lui, en personne, lors d'une « promenade d'écoute » sur le site)³⁸¹, puis dans des espaces intérieurs lors du « *Festival Électrocution* »³⁸² (Figure 48) ou j'utilisais l'interaction avec les plantes (d'intérieur) comme un instrument de musique dans mes premières expériences avec le dispositif; par la suite, un projet éducatif intitulé *L'Aqua Symphonie du Potager* (2020-2021), impliquant la création d'un potager sonore avec des collégiens, cadre qui a permis l'élaboration des circuits plus élaborés pour la démarche entreprise ; et l'installation interactive *Green Méditation* (2021) en incluant la génération des partitions (comme pour *Météo Valberg*) avec dans l'écosystème sonore, extérieur et intérieur (différents musées, jardins et espaces culturelles), puis comme œuvre collaborative créée avec le public. Enfin, *Blooming* (2022) a été réalisé en capturant les données

³⁸¹ Ce qui ensuite a été à l'origine de l'association « *Alive ! Art Creativity & Climate Change* », dont je fais partie : <https://aliveartclimate.org/>

³⁸² *Festival Électrocution* (2021), « *Whispers of Nature* » dans la minute 55'49'', à Brest. Consulté le 15 avril 2023 à l'adresse <https://www.facebook.com/ensemblesillages/videos/3818742108212568>

d'une performance de *Green Méditation*, appliquant la même logique que celle utilisée entre *Météorologie Sonore* et *Fréquence Terre*.



Figure 48 : « *Whispers of Nature* », lors du Festival *Électrocution* à Brest. (2021). [Photographie].

La motivation sous-jacente à cette démarche artistique découle du désir de sensibiliser le public au monde végétal, souvent ignoré en tant qu'êtres vivants, réactifs à leur environnement, à la présence et aux interactions avec d'autres organismes vivants. Cette approche résulte aussi de la volonté de concevoir un système de captation maîtrisable et modifiable en fonction des expériences menées. De plus, cela permet d'ouvrir la possibilité d'une interaction directe avec le système observé. Et pour ce qui concerne le public, imaginer une plante comme un médium pour éveiller le son, allait symboliquement dans la perspective où je voulais conduire l'expérience. Lorsqu'un musicien joue d'un instrument de musique, l'instrument produit un son en conséquence. Cependant, pour un instrument virtuel tel qu'un clavier MIDI, le mouvement de l'artiste est décodé par une machine qui identifie les différentes techniques de jeu employées et les traduit en sons. Dans le cas présent, les mouvements correspondent également à un organisme vivant - les plantes - dont les « expressions gestuelles » sont pratiquement imperceptibles. Dans le but de surmonter cela, nous convertirons les

variations dynamiques, à la fois qualitatives et quantitatives, des états végétaux en compositions musicales. Ce concept est renforcé lorsque les spectateurs interagissent avec les plantes et perçoivent, grâce au son produit, qu'un échange a lieu. Enfin, cette démarche repose aussi sur l'hypothèse selon laquelle certaines valeurs, telles que la conductivité des plantes, pourraient engendrer des fluctuations plus importantes que la météorologie, créant ainsi des courbes dynamiques plus variables.

14.1. L'Aqua Symphonie du Potager

Intitulé *L'Aqua-Symphonie du Potager*, un projet a été initié au Collège Louis Nucéra³⁸³ à Nice, où un potager sonore a vu le jour pour stimuler l'éveil des élèves face à la nature. Cette initiative créative, technologique et pédagogique s'est déroulée sur deux années consécutives, de 2020 à 2022, dans le cadre des *Cordées de la réussite*, un programme ayant pour objectif de favoriser l'ambition scolaire et la poursuite d'études supérieures chez les jeunes.

L'idée est née dans un centre de loisirs à Levens, durant l'été 2020, résidence de création avec des enfants, où je faisais des essais de peinture conductrice et le circuit *Touchboard*³⁸⁴, j'ai alors décidé d'expérimenter de manière assez improvisée avec une plante³⁸⁵. J'ai trouvé intéressante la différence entre la peinture conductrice et l'expérience avec la plante, qui fonctionnait comme une sorte de thérémine. J'ai observé que les plantes plus sèches, sans évidemment beaucoup de liquide à l'intérieur, étaient beaucoup moins réactives. De plus, le fait de maintenir l'attention sur mon interaction avec la plante et l'expérience psychique que cela a produit en moi m'ont incité à partager cette expérience avec d'autres personnes. Cela a ensuite commencé à prendre forme lors d'ateliers organisés au *CIRM, Fais chanter tes plantes*, avec des enfants d'écoles à Nice, que j'ai ensuite continué à développer dans le projet du potager. Ce cadre m'a permis de développer des circuits et d'intégrer la transmission de données par radiofréquence, qui peuvent être transmises sur de longues distances vers un ordinateur central.

³⁸³ *L'Aqua Symphonie du Potager - Les Cordées de la Réussite - Collège Louis Nucéra* - Consulté le 15 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=bnoVbQr6zzg>

³⁸⁴ *Touch Board. (s. d.). Bare Conductive*. Consulté 15 avril 2023, à l'adresse <https://www.bareconductive.com/collections/touch-board>

³⁸⁵ *Le Chou qui chante. à Levens (été 2020) Romina S. Romay*. Consulté le 15 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=UvbcFUXTk3w>

L'espace a été conçu en 3D (Figure 49) afin de transformer l'espace brut en un lieu de promenade sonore grâce à la « musification » des divers circuits électroniques reliés aux plantes. Le design sonore était réalisé par les enfants et le résultat a été assigné à chaque carré des plantes au potager. Les élèves sont repartis dans chacun de groupes des plantes, interagissant alternativement avec elles par le touché, selon les instructions d'une sorte de « chef d'orchestre » (le professeur). Celui-ci se trouve au centre du lieu et indique à l'aide de panneaux quels groupes vont « musifier » l'environnement.



Figure 49 : *Design du potager sur « Sketchup ».* En bas à gauche, la version construite en réel au Collège Louis Nucéra. (2020/2021). [Illustrations et photographie].

Dans ce contexte, j'ai commencé à construire un système des circuits basés sur Arduino, et connectés à un nœud central par radiofréquence (modules émetteurs-récepteurs NR24L01), pour récupérer les données provenant de chaque plante.

Le module *NRF24L01* utilise des bandes de fréquence de 2,4 GHz et peut fonctionner avec des débits compris entre 250 kbps et 2 Mbps, atteignant une distance d'environ 100 mètres en extérieur et une consommation faible d'environ 12 mA. Il se connecte par ramifications, chaque canal pouvant recevoir jusqu'à 6 adresses (Figure 50) de 5 chiffres. Une variante de ce module, le *NRF24L01+ PA/LNA*, inclut une antenne permettant d'étendre la distance de communication jusqu'à environ 1000 mètres³⁸⁶. Chaque nœud peut fonctionner à la fois comme récepteur et comme émetteur.

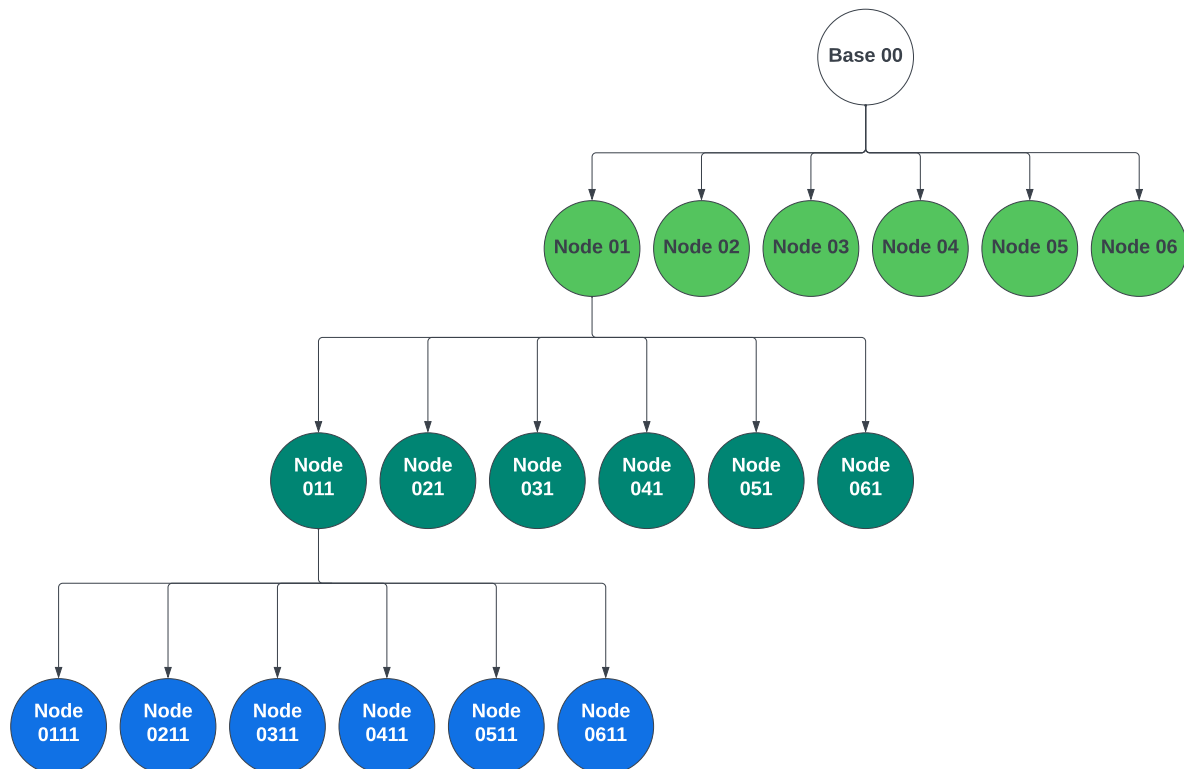


Figure 50 : Réseau sans fil avec plusieurs modules *NRF24L01*. [Illustration basée sur « *How To Mechatronics* »³⁸⁷].

L'écosystème sonore consistait en six circuits « transmetteurs » et un circuit « récepteur ». Les circuits « transmetteurs » (Figure 51) ont été réalisés pour collecter les données d'humidité, de température et de conductivité des plantes, puis pour les envoyer à la « base », un septième circuit constitué uniquement de l'*Arduino Uno* avec le module

³⁸⁶ HOW TO MECHATRONICS. (2022). *NRF24L01 – How It Works, Arduino Interface, Circuits, Codes. How To Mechatronics*. Consulté 27 avril 2023, à l'adresse <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-wireless-communication-nrf24l01-tutorial/>

³⁸⁷ HOW TO MECHATRONICS. (2018). *Arduino Wireless Network with Multiple NRF24L01 Modules. How To Mechatronics*. Consulté 27 avril 2023, à l'adresse <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-build-an-arduino-wireless-network-with-multiple-nrf24l01-modules/>

NRF24L01. Les données reçues par la base ont été transmises à l'ordinateur via le port USB, afin de visualisés et dans l'environnement *Max*.

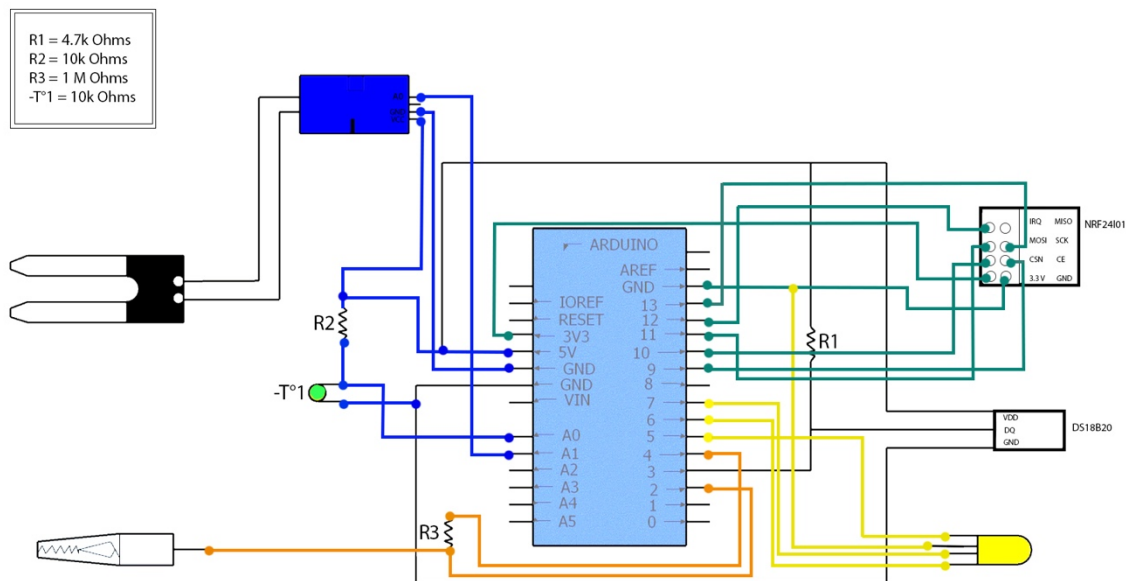


Figure 51 : Schéma du circuit électronique pour la collecte des données de l'installation des plantes. [Illustration].

Concernant le capteur d'humidité, deux variantes différentes ont été utilisées en fonction des circonstances : les hygromètres *YL-69* et *v1.2*. Le *YL-69* (Figure 52, en haut à gauche) a été privilégié pour les situations de spectacle vivant où une perception rapide des changements était souhaitée. Bien que la stabilisation soit plus longue à obtenir lors de l'arrosage d'une plante, dans le contexte de ces présentations où aucune eau n'est utilisée pendant les interventions, il s'est avéré être un outil plus efficace. Cependant, ces capteurs sont facilement endommagés par la corrosion au fil du temps. Dans les cas où les données devaient être capturées en dehors d'un contexte de performance, les capteurs *v1.2* ont été préférés car ils sont plus durables et résistent mieux à la corrosion. La raison pour laquelle ils ne sont pas toujours inclus dans les performances en direct est qu'ils prennent plus de temps pour mesurer les données.

L'hygromètre *YL-69* est composé d'une carte électronique et d'une sonde à deux pads ; la carte électronique contient un potentiomètre et deux LED. Le capteur a été connecté à l'Arduino à une broche analogique, puis à la terre et enfin à la broche 5V, avec une résistance de 10k Ohm, qui était initialement connectée à la thermistance (remplacée plus tard par un

capteur numérique). En connectant l'hygromètre à l'Arduino on obtient un signal entre 0 et 1023 (0 pour le capteur immergé dans l'eau, 1023 pour l'absence d'humidité). Il permet de mesurer la résistance en fonction du niveau d'eau. Plus il y a d'eau, meilleure est la conductivité et plus faible la résistance. Ensuite, lors de la programmation de l'Arduino, les opérations nécessaires sont effectuées pour convertir ces valeurs en pourcentage (%) d'humidité.

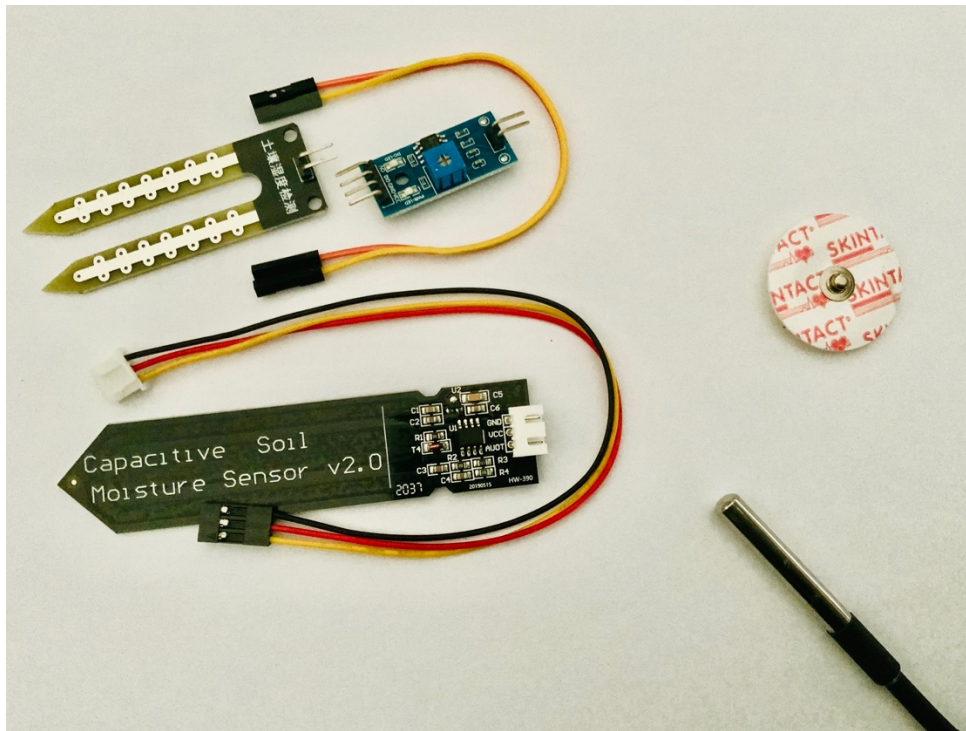


Figure 52 : Capteurs utilisés dans le circuit électronique pour capturer l'état des plantes en fonction de leur environnement. [Photographie].

En ce qui concerne le capteur de température, après avoir procédé à des tests avec différentes thermistances, le thermomètre numérique *DS18B20* a été privilégié en raison de sa plus grande robustesse, de sa facilité d'installation grâce à la forme de sa sonde et de sa plus grande précision de mesure par rapport aux autres capteurs. Le capteur *DS18B20* est connecté à une source de tension de 5V et à une broche numérique, qui est à son tour connectée à une résistance de 4,7 k Ohm reliée à la source de tension de 5V et à la terre. Les résultats sont exprimés en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Ce capteur peut mesurer des températures allant de -55°C à $+125^{\circ}\text{C}$, avec une précision de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Concernant le capteur de conductivité, une bande conductrice en cuivre ainsi qu'une pince crocodile, ultérieurement remplacées par des électrodes *Skintact*, ont été employées afin de relier le câble à l'une des broches numériques de l'Arduino, avec une résistance intermédiaire de 1M Ohm. Les deux broches se trouvent initialement dans le même état, les charges étant en équilibre. L'une des broches fait office d'émetteur et l'autre de récepteur. La différence entre un signal émis et un signal reçu est échantillonnée sur l'Arduino. Lorsqu'un individu touche l'extrémité du câble connecté à la broche du récepteur, la conductivité, c'est-à-dire la capacité de charge, s'accroît, provoquant ainsi un « décalage » dans le signal. Ce décalage représente la valeur temporelle mesurée jusqu'à ce que les deux broches atteignent le même état, et il est calculé en utilisant une constante de temps RC, définie par $R \cdot C$, où « R » correspond à la valeur de la résistance et « C » à la capacité au niveau de la broche réceptrice, ainsi qu'à toute autre capacité, telle que celle du corps de la personne touchant la plante.



Figure 53 : Circuits électroniques ; en haut à gauche il y a un des un circuits « transmetteurs », en haut à droit, le circuit « base » ou « récepteur », et en bas, une boîte ouverte pour observer le prototype. [Photographies]

Chaque dispositif (Figure 53) a été équipé d'une diode électroluminescente (LED) RGB afin de modifier la couleur lorsqu'un changement significatif de conductivité survient (un seuil est établi dans le code du circuit), pour « élargir » l'expérience auditive par un repère visuel. Le code ajoute une « pas » supplémentaire à un compteur cyclique (1, 2, 3, 1, 2...) qui détermine, à chaque modification de la conductivité dépassant un certain seuil, la couleur de la LED. Chaque chiffre correspond à une couleur (rouge, vert et bleu). Les codes relatifs aux dispositifs « émetteurs » et « récepteurs » figurent dans les « Annexes ».

```

Plant_NRF_et_LED_Receiver.ino
16 RF24 radio(9,10); // NRF24L01 SPI pins
17
18 const uint64_t rAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL, 0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B60FLL, 0xB3B4B5B605LL };
19
20
21 void setup(void)
22 {
23   radio.begin(); // Start the NRF24L01
24
25
26   radio.openReadingPipe(0,rAddress[0]);
27   radio.openReadingPipe(1,rAddress[1]);
28   radio.openReadingPipe(2,rAddress[2]);
29   radio.openReadingPipe(3,rAddress[3]);
30   radio.openReadingPipe(4,rAddress[4]);
31   radio.openReadingPipe(5,rAddress[5]);
32
33   radio.startListening();           // Start listening for messages
34
35
36   Serial.begin(9600);
37
38 }
39
40 void loop(void)
41 {
42   byte pipeNum = 0; //variable to hold which reading pipe sent data
43   byte gotByte = 0; //used to store payload from transmit module
44
45   while(radio.available(&pipeNum)){
46
47     radio.read(data, sizeof(data));
48
49     delay(10);
50
51     if(pipeNum == 0) { //if true they guessed wrong
52
53       Serial.println((String) " a"+data[0]+" b"+data[1]+" c"+data[2]);
54     }
55

```

Figure 54 : Extrait du code du circuit de « base », ou « récepteur », où les adresses de communication sont établies et où la réception des données radiofréquence est initiée. [Capture d'écran].

Le code émetteur (Figure 54), basé sur Arduino, lit les données de température, d'humidité et de conductivité/capacitance des capteurs et envoie ces informations sans fil à un autre appareil en utilisant le module *NRF24L01*. Je vais expliquer en termes généraux les lignes du code :

- Les déclarations `#include` importent les bibliothèques nécessaires au fonctionnement du code :

```

#include "nRF24L01.h" //NRF24L01 library created by TMRh20
https://github.com/TMRh20/RF24
#include "RF24.h"
#include "SPI.h"
#include <CapacitiveSensor.h>
#include<math.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>

```

« *nRF24L01.h* » y « *RF24.h* » : <https://github.com/TMRh20/RF24>

« *SPI.h* » : <https://www.arduino.cc/en/reference/SPI>

« *CapacitiveSensor.h* » : <https://github.com/PaulStoffregen/CapacitiveSensor>

« *math.h* » : <https://www.arduino.cc/en/math/h>

« *OneWire.h* » : <https://github.com/PaulStoffregen/OneWire>

« *DallasTemperature.h* » : <https://github.com/milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library>

« *Wire.h* » : <https://www.arduino.cc/en/reference/wire> .

- Les déclarations `#define` définissent des constantes à utiliser dans le code, comme les numéros de broche pour les capteurs.

- Des objets sont créés pour la communication *OneWire* et la bibliothèque *DallasTemperature* :

```

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

```

- Un objet *CapacitiveSensor* est créé avec les broches 4 et 2 :

```

CapacitiveSensor cs_4_2 = CapacitiveSensor(4,2); //

```

- Des variables sont déclarées et initialisées pour être utilisées dans le code :

```

float data[3];
int cnt = 0;
int in = 2;
int out = 4;
int state = HIGH;
int r;
int p = LOW;

```



```

long time = 0;
long debounce = 5;
long total1;
long prevtotal1;

float Moisture = {00000};
float Temperature = {00000};
float Voltage = {00000};

```

- L'objet radio RF24 est créé pour la communication sans fil avec les broches 9 et 10 :

```
RF24 radio(9,10);
```

- Des constantes et des tableaux sont définis pour configurer l'adresse des nœuds de communication sans fil :

```
const uint64_t wAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL,
0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B60FLL, 0xB3B4B5B605LL};
```

```
const uint64_t PTXpipe = wAddress[ WHICH_NODE - 1 ];
```

- La fonction `getTemperature()` prend la lecture du thermistor en entrée et renvoie la température en Celsius en utilisant l'équation de Steinhart-Hart

(<https://www.ametherm.com/thermistor/ntc-thermistors-steinhart-and-hart-equation>) :

```

temp = 1 / (0.001129148 + (0.000234125 + (0.0000000876741 * temp * temp )) * temp
);
temp = (temp - 273.15) * 100;
temp += 6;
return temp;

```

- La fonction `getMoisture()` prend la lecture d'humidité en entrée et renvoie le pourcentage d'humidité :

```

double getMoisture(float moistureReading) {
    double moisture = 100.0 - (100.0 * (moistureReading / 1023.0));
    return moisture;
}

```

- La fonction `setup()` initialise la communication série, configure les broches en sortie et configure la radio NRF24L01 :

```

void setup(void)
{
    Serial.begin(9600);
}

```

```

pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(6, OUTPUT);
pinMode(7, OUTPUT);

radio.begin(); // Start the NRF24L01
radio.openReadingPipe(0,PTXpipe); //open reading or receive pipe
radio.stopListening(); //go into transmit mode
}

```

- La fonction `loop()` est la partie principale du code, qui s'exécute de manière répétée et effectue les tâches suivantes :

- a. Lire les valeurs de conductivité du capteur capacitif.
- b. Lire la température du capteur « DallasTemperature ».
- c. Calculer le pourcentage d'humidité à partir de la lecture analogique du capteur d'humidité.
- d. Envoyer les données des capteurs (température, humidité et capacitance) sans fil à un autre appareil en utilisant le module NRF24L01.
- e. Imprimer les données des capteurs sur le moniteur série.
- f. Contrôler les LED en fonction de la variation des valeurs de capacitance pour indiquer un changement dans l'environnement.

```

void loop(void)
{
    prevtotal1 = total1;
    total1 = cs_4_2.capacitiveSensor(30);
    long start = millis();
    long total1 = cs_4_2.capacitiveSensor(30);

    sensors.requestTemperatures() ;
    float Temperature = (sensors.getTempCByIndex(0));
    Moisture = (float(getMoisture(analogRead(MOISTURE))));
    Voltage = (long(cs_4_2.capacitiveSensor(30)));

    Serial.print(total1);
    Serial.print("\t");
    Serial.println(float(getMoisture(analogRead(MOISTURE))));
    Serial.print("\t");
    Serial.println(Temperature);
    Serial.print("\t");

```



```

if (total1 >= (prevtotal1+17) || total1 <= (prevtotal1-17)) {
    cnt++;
    }. // Determiner le seuil, ici 17.

if(cnt == 1){
    digitalWrite(5, HIGH);
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(7, LOW);
}
if(cnt == 2){
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(6, HIGH);
    digitalWrite(7, LOW);
}
if(cnt == 3){
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(7, HIGH);
}
if(cnt > 3){
    cnt = 1;
}
p = r;

data[0] = (Temperature);
data[1] = (Moisture);
data[2] = (Voltage);

radio.openWritingPipe(PTXpipe);
radio.write(data, sizeof(data));
delay(10);
}

```

- Le code récepteur, basé aussi sur Arduino, reçoit des données de température, d'humidité et de conductivité/capacitance des émetteurs/transmetteurs sans fil en utilisant le module NRF24L01. Je vais expliquer icide manière générale les lignes du code :

- Les déclarations #include importent les bibliothèques nécessaires au fonctionnement du code :

```

#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"

```

```
#include "SPI.h"
#include <CapacitiveSensor.h>
#include<math.h>
```

- Un espace est déclaré pour stocker les données reçues par le module NRF24L01 :

```
long total1[1] = {0000}; // Used to store value received by the NRF24L01
float data[3];
```

- L'objet radio RF24 est aussi créé dans le récepteur, pour la communication sans fil, dans les broches 9 et 10 :

```
RF24 radio(9,10);
```

- Une série de constantes est définie pour les adresses de communication sans fil :

```
const uint64_t rAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL,
0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B6FLL, 0xB3B4B5B605LL };
```

- La fonction setup() initialise la communication série, configure la radio NRF24L01 et ouvre les tuyaux de lecture (« pipes ») pour chaque adresse :

```
void setup(void)
{
  radio.begin(); // Start the NRF24L01
  radio.openReadingPipe(0, rAddress[0]);
  radio.openReadingPipe(1, rAddress[1]);
  radio.openReadingPipe(2, rAddress[2]);
  radio.openReadingPipe(3, rAddress[3]);
  radio.openReadingPipe(4, rAddress[4]);
  radio.openReadingPipe(5, rAddress[5]);
  radio.startListening();
  Serial.begin(9600);
}
```

- La fonction loop() s'exécute de manière répétée et effectue les tâches suivantes :

- a. Lire les données disponibles des tuyaux de lecture et stocker les données reçues « data ».
- b. Imprimer les données reçues sur le moniteur série avec des lettres identifiant les données de chaque tuyau.

```
void loop(void)
{
  byte pipeNum = 0; //variable to hold which reading pipe sent data
  byte gotByte = 0; //used to store payload from transmit module
```

```

while(radio.available(&pipeNum)){
radio.read(data, sizeof(data));
delay(10);
if(pipeNum == 0) { //if true they guessed wrong
Serial.println((String)" a"+data[0]+" b"+data[1]+" c"+data[2]);
}
if(pipeNum == 1) { //if true they guessed wrong
Serial.println((String)" d"+data[0]+" e"+data[1]+" f"+data[2]);
}
if(pipeNum == 2) { //if true they guessed wrong
Serial.println((String)" g"+data[0]+" h"+data[1]+" i"+data[2]);
}
if(pipeNum == 3) { //if true they guessed wrong
Serial.println((String)" j"+data[0]+" k"+data[1]+" l"+data[2]);
}
if(pipeNum == 4) { //if true they guessed wrong
Serial.println((String)" m"+data[0]+" n"+data[1]+" o"+data[2]);
}
if(pipeNum == 5) { //if true they guessed wrong
Serial.println((String)" p"+data[0]+" q"+data[1]+" r"+data[2]);
}
}
delay(10);
}

```

Dès que les données sont récupérées dans la base, elles sont transférées vers l'ordinateur afin de procéder à sa classification et au traitement en vue de leur « musification ». Ces processus, conjointement au système de création de partitions, sont effectués dans le cadre de la réalisation de *Green Meditation*.

7.2. *Green Meditation*

Green Meditation est un projet qui a pris diverses formes en fonction du contexte de présentation. Il a été présenté sous la forme d'un concert interactif, avec une structure prédéterminée comme des boîtes vides au style John Cage avec son *I-Ching*, avec des variations de *mappings* dans chaque cas et parfois avec des interpolations de textes (réminiscence de *Whispers of Nature*) adaptés en contenu selon le cadre du concert. Ce format de concert

interactif, présenté dans les *Journées du Patrimoine* en septembre 2021 au musée MAMAC³⁸⁸ (Figure 55).

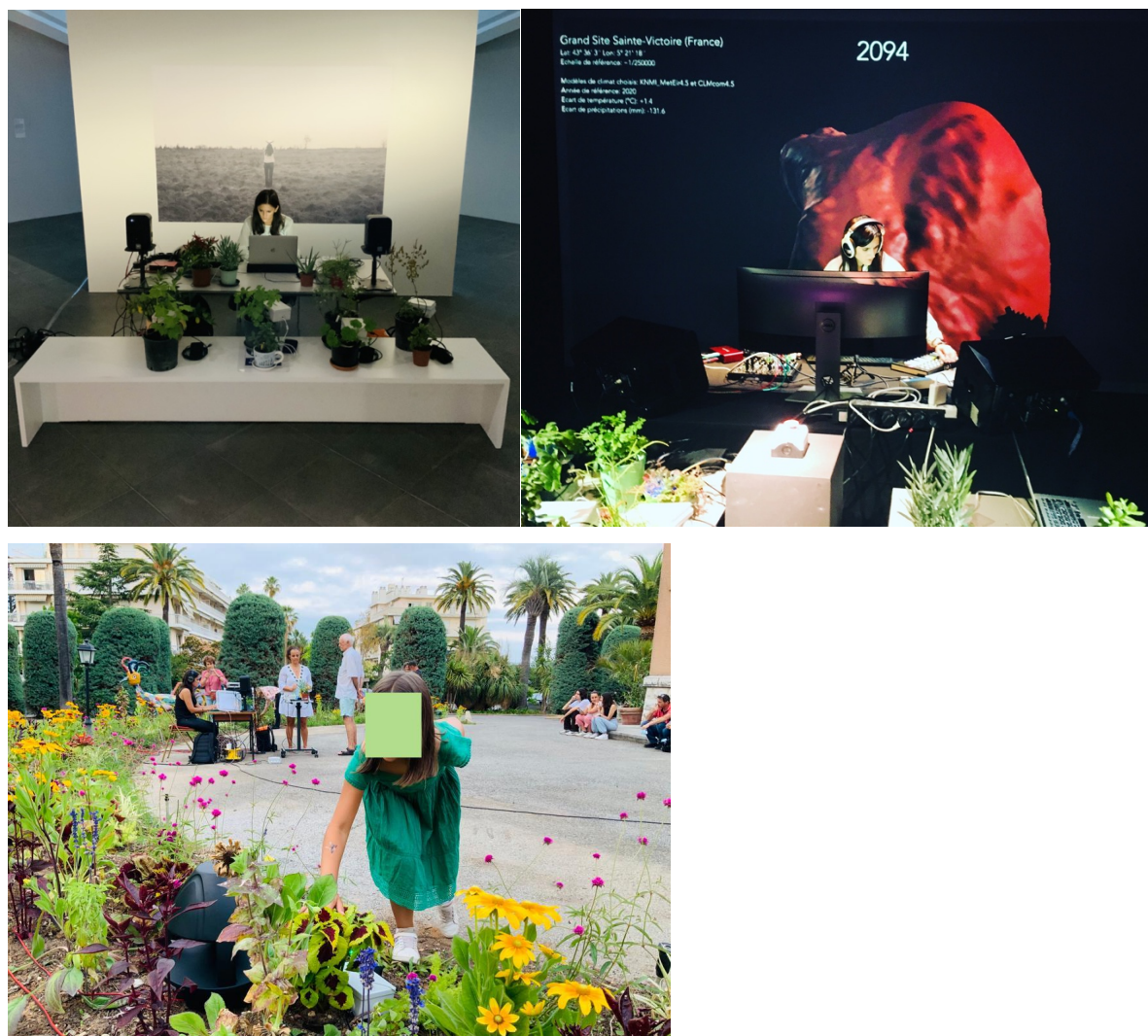


Figure 55 : « Green Meditation » aux « Journées du Patrimoine » 2021 au musée MAMAC, au « Festival Artifice numérique » en 2021 au 109, et au musée d'Art Naïf Anatole Jakovsky. [Photographies]

Il a également été conçu comme une installation interactive dans laquelle le public était invité à interagir directement avec les plantes, comme dans les jardins du Musée d'Art Naïf Anatole Jakovsky pendant *La nuit des musées 2021*³⁸⁹ ou le musée Palais Lascaris. Dans d'autres cas, l'installation a été présentée sans participation active du public, se concentrant uniquement sur la traduction des variations des plantes en relation avec leur

³⁸⁸ *Les journées européennes du Patrimoine 2021 au MAMAC* (2021). Consulté 12 avril 2023, à l'adresse <https://www.mamac-nice.org/fr/evenement/les-journees-europeennes-du-patrimoine-2021/>

³⁸⁹ *La nuit des musées 2021*. Consulté 12 avril 2023, à l'adresse https://recreanice.fr/sites/default/files/imce/nuit-des-musees-2021_2.pdf. Intitulée pour l'occasion « le chuchotement naïf du parc du château Sainte-Hélène ».

environnement comme dans #Remixticulture 2022 au MAMAC³⁹⁰. *Green Meditation* a également été proposé sous la forme d'une performance participative, utilisant une approche de « *sound painting* » pour gérer les interactions du public, au 109, pendant le *Festival Artifice numérique* en 2021³⁹¹, entre autres. Pour chacun de ces contextes, différentes versions du dispositif ont été développées et adaptées.



Figure 56 : Réception et classification des données reçues dans la base. [Capture d'écran].

L'intégration des partitions au sein du dispositif a initialement été effectuée à l'aide d'un unique patch *Max*. Par la suite, afin d'alléger les tâches respectives, particulièrement dans des environnements ouverts et soumis à des températures élevées, deux patches distincts ont été mis en place. Le premier patch est dédié à la réception, au traitement des données et à la production de son, tandis que le second patch s'occupe de la réception des données issues du traitement précédent afin de créer et visualiser une partition en temps réel grâce à la bibliothèque *bach* (Figure 72). Les deux ordinateurs impliqués sont connectés en réseau via un câble USB. L'ensemble des informations transite par le port série à une vitesse de 9600 bps. Les différentes métadonnées sont identifiées par la tête du message (Figure 56).

Ensuite il y a deux grandes sections dans le patch : d'une part, tout à droite dans la Figure 57, les valeurs de « conductivité » sont multipliées par 100, puis transformées en midicents, pour être en correspondance avec la valeur de « *pitch* » des notes. Les mêmes

³⁹⁰ Devenir Fleur / Programmation associée | MAMAC de Nice. (2022). Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://www.mamac-nice.org/fr/actualite/devenir-fleur-programmation-associe/>

³⁹¹ FRANCE 3 PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR (2021) *REPLAY- Festival Artifice numérique à Nice : La technologie peut-elle sauver le sauvage*. Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://france3-regions.francetvinfo.fr/provence-alpes-cote-d-azur/alpes-maritimes/nice/festival-artifice-numerique-a-nice-la-technologie-peut-etre-sauver-le-sauvage-2349904.html>

valeurs, son mappées à la « *velocity* », ayant comme alternative, la possibilité de générer des intensités aléatoires pour créer une texture plus irrégulière. Les « *sliders* » contrôlent l'amplitude minimale de la variation de la valeur correspondante de conductivité afin d'être transcodée, ce qui permet de réguler la sortie des valeurs.

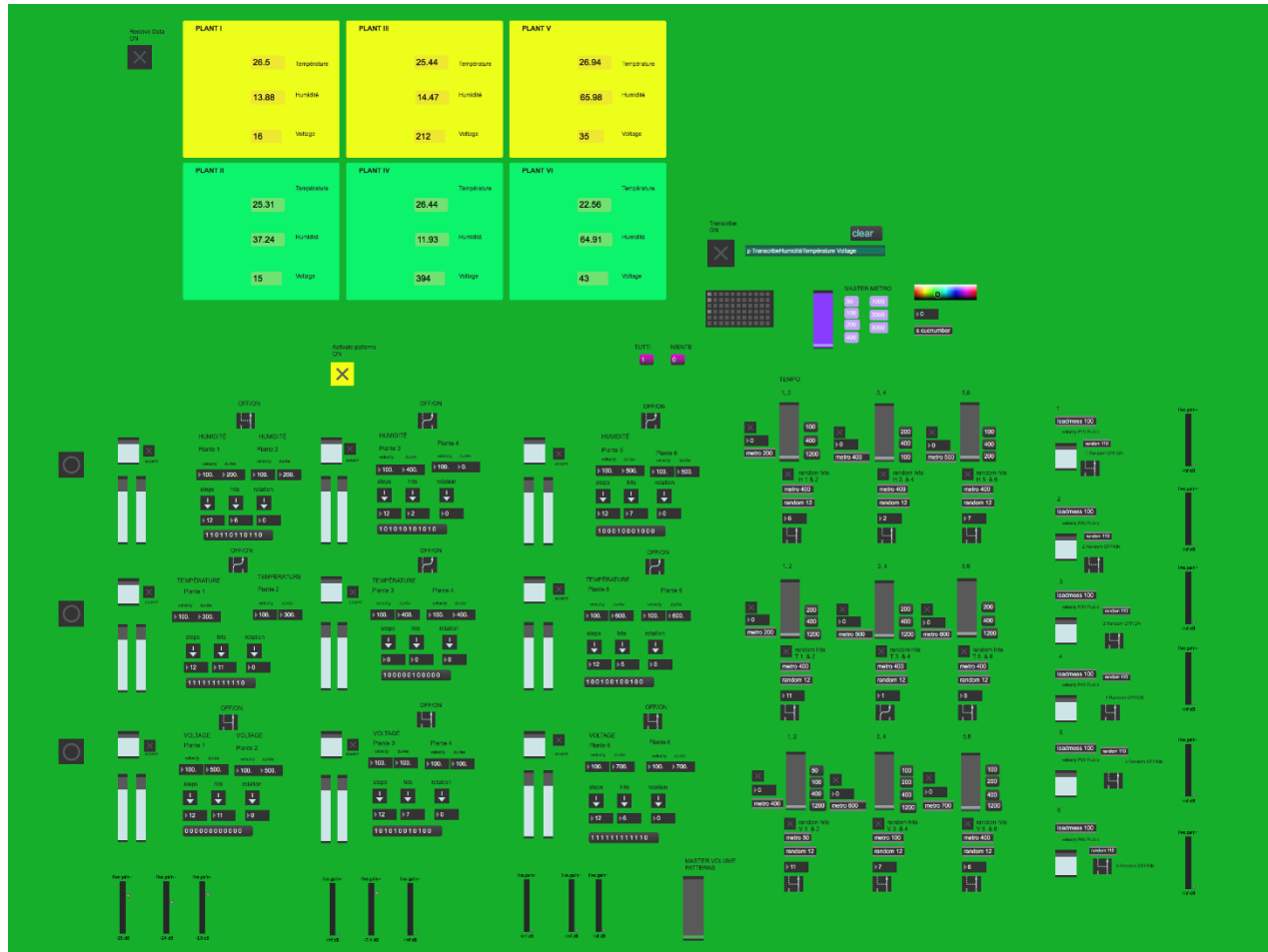


Figure 57 : Premier patch de réception et de traitement des données dans "Green Meditation". [Capture d'écran].

D'autre part, l'autre section du patch, à gauche dans la figure 57, réalise différents *mappings* des données. Cette partie inclut les éléments suivants :

- Séquenceurs rythmiques « euclidiens » assignés aux différentes valeurs d'humidité, de température et de conductivité (aussi multipliés par 100), avec la possibilité de modifier pour chaque cas : le nombre de « pas », le nombre d'attaques, le nombre de rotations et la présence ou l'absence d'accents distribués aléatoirement.

Dans cette section, le rythme est régulé par le séquenceur, à différence de l'autre partie où le rythme est déterminé par celui des variations dépassant un certain seuil.

- Des « *gates* » ou « portes », contrôlent (*ON/OFF*) quelles données doivent être transcrites.

-Deux boutons « *Tutti* » et « *Niente* » déterminent si toutes les valeurs ou aucune ne vont être transmises.

-Contrôleurs de vitesse et de durée permettent d'altérer l'intensité et durée des notes ainsi générées.

-Des contrôleurs de « tempo » individuels et généraux modifient les séquenceurs, pouvant réaliser « *accelerandos* » et des « *ritardandos* » avec des « *sliders* ».

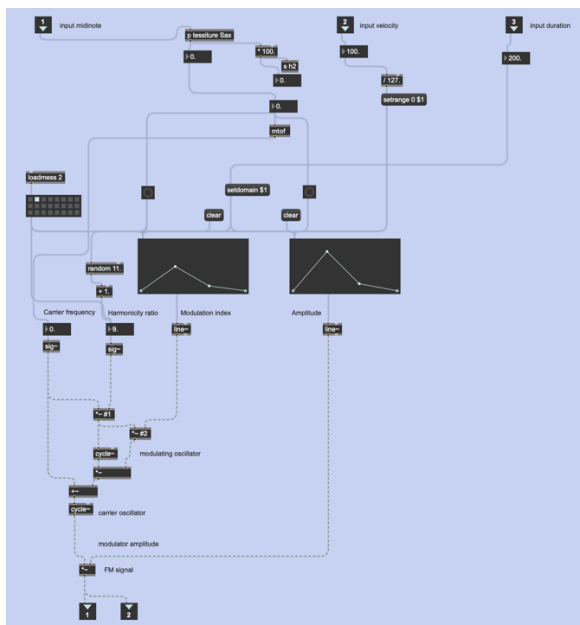
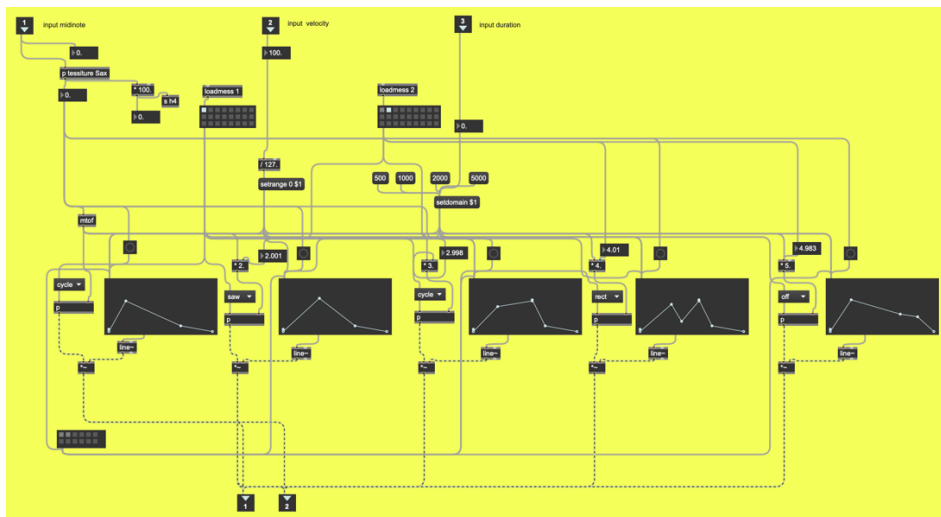


Figure 58 : Exemples des synthétiseurs utilisés pour « *Green Meditation* ». [Capture d'écran].

-Quatre types de synthétiseurs différents (Figure 58), basés sur la modulation en anneau, la modulation de fréquence modulée et la synthèse additive.

Une autre variante du patch intègre une série de « *cues* » qui permettent de déclencher diverses pré-configurations de rythmes, d'intensités, et des tempos. Ces pré-configurations sont

stockées dans deux listes situées dans des objets *colls* et sont associées aux valeurs de hauteur correspondant aux données provenant des plantes. Les *cues* sont nommées selon des caractéristiques telles que « calme », « altérée », « duos », etc., dans le but d'évoquer une atmosphère sonore spécifique.

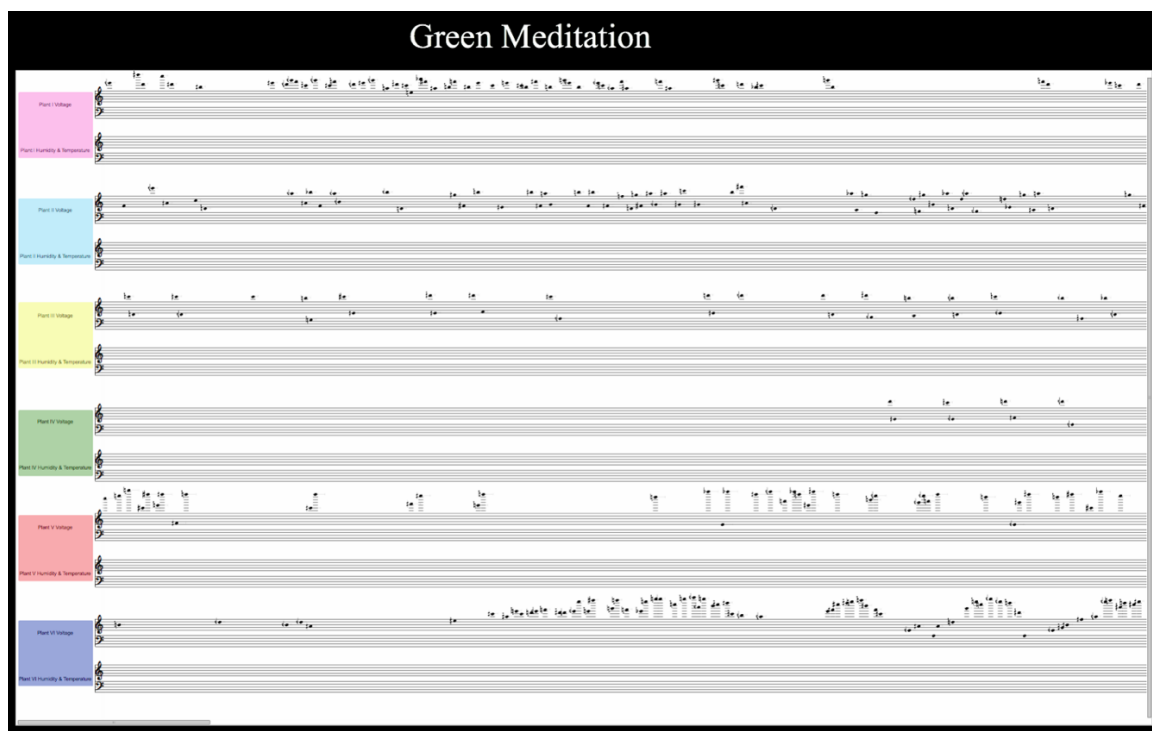
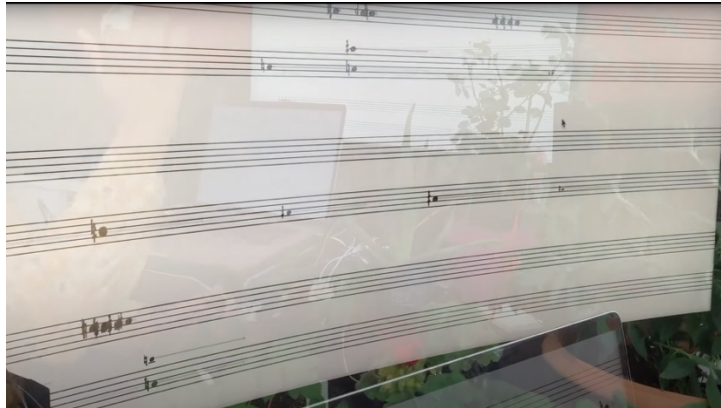


Figure 59 : Visualisation de partitions, dans le cadre du transcodage en partitions, pour la réalisation de « Green Meditation »³⁹². [Photographie et capture d'écran].

Pour la transcription dans une partition, les valeurs de hauteur sont transposées par octave si elles ne se situent pas dans la gamme de la tessiture correspondant à l'instrument acoustique choisi pour jouer la partition à un stade ultérieur. Dans le transcodage dans une partition, douze systèmes musicaux correspondant aux six dispositifs des plantes. Le système

³⁹² *Green Meditation*, début du travail de transcodage en partitions. Consulté 15 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=ndJSouBP2sY>

supérieur correspond à la conductivité (présente beaucoup plus de variations de hauteur, assignées aux mélodies) et le système inférieur correspond à l'humidité et à la température (Des valeurs moins fluctuantes, qui génèrent un soutien harmonique). En principe, lors de la visualisation de la génération de la partition, on voit les notes sans leur hampe, et le système sans la division en mesures. Il s'agit d'un objet *bach.roll* (Figure 59). Une fois la saisie et le traitement des données terminés, la partition est quantifiée, indiquant la métrique et le tempo, dans un objet *bach.score*.

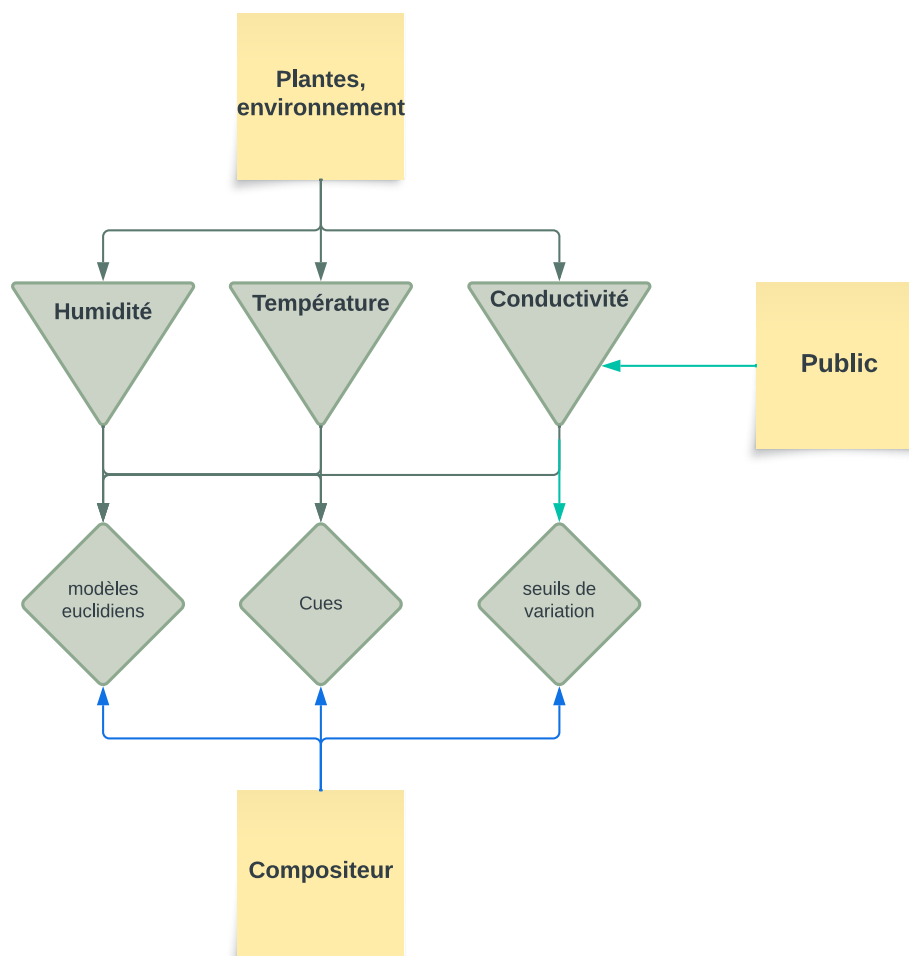
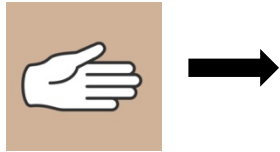


Figure 60 : Schéma des interactions dans « Green Meditation ». [Diagramme].

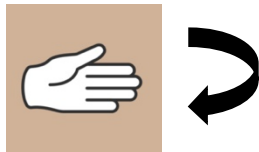
Pour la version sous forme de performance participative (Figure 60), le but poursuivi consistait à créer différentes miniatures, chacune condensée en une partition distincte pour chaque représentation. Pour ce faire, l'utilisation de différents « modes de jeu » a été choisie comme stratégie pour coordonner l'interaction avec les plantes, de manière à limiter le champ d'action

L'utilisation du geste comme « *sound painting* » permettait de transmettre une idée du mode du jeu et du résultat sonore. Un membre du public prenait le rôle de chef d'ensemble tandis que le reste se positionnait à côté d'une plante. Certains des gestes consistaient en :

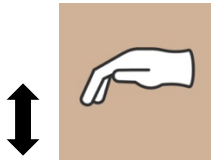
- Caresse linéale



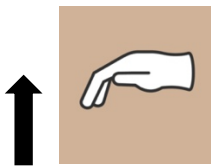
- Caresse ondulante



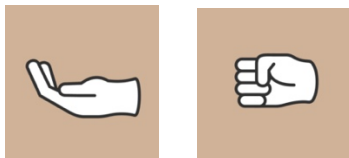
- Tapoter



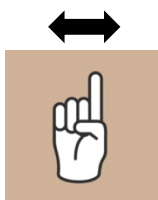
- Toucher- retirer abruptement



- Son - silence



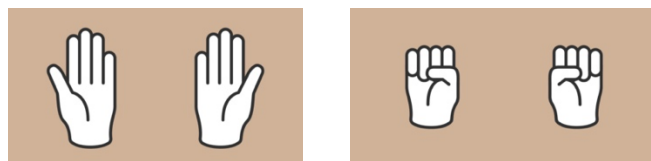
- Interaction



- Soliste, duo, trio, un groupe



- Tutti - niente



Le paramètre sur lequel les participants agissaient était la conductivité (Figure 60). Cette immersion dans la performance « éphémère », laissait comme trace une partition. De ces rencontres, d'une des performances, est né, le matériel de base pour la composition de *Blooming*, une partition pour un ensemble de neuf saxophones.

7.3. *Blooming*

À partir d'une des partitions générées de *Green Meditation*, comme résultat de la rencontre avec les plantes, l'environnement, le public, et moi-même, j'ai travaillé sur la composition de *Blooming*, une composition initialement prévue pour neuf saxophones, puis pour deux ensembles de saxophones, un quatuor « soliste » et un quintet « accompagnateur ».

Le tempo et le mètre de la partition sont initialement considérés comme un point de référence pour l'insertion du matériel transcrit. Différents points d'articulation ont été marqués où des changements significatifs dans le discours musical ont été remarqués, dans le but de mettre en évidence et accentuer ces changements. La pièce a été ainsi divisée en petites sous-sections pour guider ma démarche compositionnelle, que j'ai appelée : « germination », « développement des racines », « développement des tiges et des feuilles », « croissance », « floraison », « pollinisation » et « fructification ».

La « germination », caractérisée par l'élément mélodique accompagné d'une texture pointilliste, comme des « graines » de son » ; « développement des racines » où l'élément mélodique persistait et certaines des « graines » commençaient à générer un motif d'accompagnement en triolets legato symbolisant les « racines » ; « développement des tiges et des feuilles » où les motifs des "racines" sont accélérés rythmiquement et le processus précédent est suivi par l'augmentation des simultanités verticales sous forme d'harmonies soutenues, comme des « feuilles » ; « croissance » où la texture se développe par polyrythmie et par l'ajout de « grain » aux accords soutenus, articulés par le motif « racines » ; « floraison » où le motif des « graines » est développé dans différentes octaves ; des glissandos, des larges vibratos et des trémolos sont ajoutés pour épaissir chaque ligne de l'harmonie ; « pollinisation » où un

motif de notes répétées est développé, dérivé des « graines », avec de légers changements microtonals de hauteur, en contraste avec l'élément mélodique, des changements brusques de la dynamique se produisent par l'attaque de blocs homorythmiques ; « fructification », où après la synchronisation progressive des éléments dans le temps, les couches se condensent dans la texture.

Figure 61 : Début de la composition « Green Meditation », mesures 1-6. [Extrait de la partition].

La partition de *Blooming* a été adaptée pour une interprétation par un ensemble de saxophones, sous la direction de François Léclaircie et la participation d'Alberto Chaves, au Conservatoire de Musique de Nice en novembre 2022³⁹³. Cette adaptation a été réalisée en prenant en considération les contraintes de respiration de chaque saxophoniste et les capacités techniques des élèves. De plus, des modifications significatives ont été apportées pour permettre l'exploitation des microtons par l'ensemble. La partition a été ajustée en formant deux groupes distincts au sein du nonette de saxophones, en fonction du niveau instrumental de

³⁹³ ROMAY, R. (2022). *Plants data (humidity, temperature and conductivity) to music score, « Blooming »*. Consulté 14 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=LelcuN9ev4c>

chaque musicien. D'un côté, un quatuor de solistes comprenait des saxophones soprano, alto, ténor et baryton. De l'autre, un quintette d'accompagnateurs se composait de saxophones soprano, alto, ténor, baryton et basse. Le groupe de solistes a employé une plus grande diversité de microtons, tandis que le quintette d'accompagnateurs s'est limité à l'utilisation de deux demi-tons correspondant aux deux notes centrales. L'ajout d'une notation graphique indiquant l'augmentation ou la diminution de la hauteur des notes a permis de créer divers effets sonores souhaités, facilitant ainsi l'interprétation par les musiciens.

L'œuvre commence par l'apparition d'un élément mélodique (Figure 61) qui se déplace entre les différentes voix du quatuor soliste, accompagné d'une atmosphère harmonique diffuse qui se développe autour des notes de Mi bémol bas et Si bémol bas. Arrivé à la lettre de répétition « A », une série de grains sonores représentant les graines des plantes accompagne le retour de la mélodie, jusqu'à la lettre d'essai « B » où ces notes, dispersées dans la gamme, se transforment en successions d'arpèges sous forme de triolets ascendants et descendants, d'ondulations. Elles représentent les racines des plantes (Figure 62 et 63).

Les grains sonores continuent de s'intercaler avec ces arpèges, qui alternent dans cette texture avec des mélodies qui apparaissent et disparaissent en se fondant dans cette texture. Les mélodies se transforment en accords soutenus qui commencent à créer une densité harmonique, tout comme les plantes qui commencent à occuper plus d'espace tandis que leurs branches, feuilles et tiges se développent.

The image shows a musical score for three staves, measures 14-16. The notation is complex, featuring slurs, slurs, and various dynamic markings. Annotations include 'slap', 'sf', 'en mf', 'mp', 'mf', 'p', 'gliss.', and '3 sf'. A descriptive text box is repeated three times: 'Accompagnement irrégulier avec ces notes dans différentes octaves, articulation staccato et/ou slaps.'

Figure 62 : *Accompagnement avec des « grains » de son, mesures 14-16.* [Extrait de la partition].

Figure 63 shows a musical score for measures 27-29. It features four staves: Sax. Sop. Sol., Sax. Alto Sol., Sax. T. Sol., and Sax. Bary. Sol. The score includes various dynamics such as *pp*, *mf*, *mp*, *p*, *f*, and *ppp*. There are also articulations like *smorzato* and *gliss.* and rhythmic markings like *<><><><>*. The music is written in a key signature of two sharps (F# and C#) and a 4/4 time signature.

Figure 63 : Représentation des « racines » des plantes, mesures 27-29. [Extrait de la partition].

Peu avant « C », l'accompagnement passe des « grains » aux notes tenues, créant une « croissance » du volume sonore dans l'accompagnement. À partir de la lettre d'essai « D », l'élément de la « racine » s'accélère rythmiquement chez les solistes, tandis que dans l'accompagnement des blocs homorythmiques commencent à se construire, atteignant un point culminant à la fin de la mesure cinquante, filtrant la texture, avec une succession des brins de ces « branches » en 51 (Figure 64).

Figure 64 shows a musical score for measure 51. It features four staves: Sax. Sop. Sol., Sax. Alto Sol., Sax. T. Sol., and Sax. Bary. Sol. The score includes various dynamics such as *f*, *mp*, *mf*, and *fff*. There are also articulations like *smorzato* and *gliss.* and rhythmic markings like *<><><><>*. The music is written in a key signature of two sharps (F# and C#) and a 4/4 time signature.

Figure 64 : Succession des mélodies comme des « tiges » ou « branches », mesure 51. [Extrait de la partition].

Succède aux blocs harmoniques avec le mouvement ondulatoire, une sorte d'analogie entre la tige et la fleur, ou bien la branche et les feuilles. À partir de là, il y a un processus d'épaississement de la texture qui se produit grâce aux mélodies en legato accompagnées de glissandos dans le soutien harmonique, amplifié par les larges vibratos des notes tenues, créant différentes « couleurs » pour les « fleurs » (Figure 65).

Le temps semble ralentir progressivement et les intervalles mélodiques se réduire. Certaines notes alternent entre leurs microtons ascendants et descendants les plus proches, revenant à une seule note (Figure 66) qui crée dans ce cas une texture à la fois lisse et rugueuse. À partir de « G », des moments de synchronicité apparaissent, entrecoupés par cette oscillation microtonale des notes autour de Si bémol et Mi bémol.

Figure 65 : *Mouvement glissando représentant les couleurs des « fleurs », mesures 65-69. [Extrait de la partition].*

Figure 66 : *Ornementation autour d'une note, mesure 86.* [Extrait de la partition].

D'une certaine manière, lorsque la plante ou l'arbuste termine son cycle de vie, le métabolisme se ralentit, la matière se dégrade, tombe et retourne à la terre. C'est ce que l'on cherche à représenter symboliquement dans la partie finale de cette pièce. On revient à l'origine, représentée ici par les notes de Si bémol bas et Mi bémol bas, qui se dirigent à la fin dans une note « Do » (référence au model tonale, Mi bémol avec sa quinte Si bémol, et la tierce mineure inférieure comme relative, Do).

Les images symboliques du développement des plantes servent de guide pour la construction de développements et d'objets sonores, en utilisant en même temps des matériaux « primaires » provenant du modèle original, interprétés personnellement.

Figure 67 : *Résolution de la pièce, sur une ascension et descente mélodique, dont le « fruit » finit par « tomber » dans une note « do ».* [Extrait de la partition].

Chapitre 8 - De bases de données à une partition multimédia

Ce chapitre sera plus particulièrement consacré à la question du processus de création d'une œuvre transdisciplinaire et collaborative impliquant un groupe d'artistes mais aussi des habitants de la commune de Le Broc, en utilisant un fichier de données au format *JSON* relatif à la météorologie sur une période de 43 ans pour ce village de l'arrière-pays des Alpes-Maritimes. Le projet s'est concrétisé par la composition d'une pièce pour harpe et électronique, autour d'un travail qui résulte de la collaboration avec la communauté locale en envisageant le village du futur.

Le projet collaboratif, *La Symphonie de l'Environnement* (2022)³⁹⁴, a été réalisé, outre le partenariat avec les résidents de la commune de Le Broc, avec l'artiste visuel Leonardo Scarin, le rédacteur et éditeur Andrew Bullen et l'artiste Janine Huizenga³⁹⁵. L'objectif de ce projet était de recueillir des récits et des souvenirs des membres de la communauté du village de Le Broc, afin de dresser en quelque sorte un portrait de ce lieu, partant de souvenirs du passé pour éclairer les perspectives actuelles des résidents sur leur territoire, ainsi que leurs aspirations et désirs futurs pour construire la commune de demain.

Suite à cette collecte qui s'est constituée autour de divers documents, y compris des enregistrements audio des résidents, et après l'analyse de ces éléments à l'aide de techniques d'intelligence artificielle (outils de *Magenta*³⁹⁶), une création a été réalisée qui a été présentée publiquement pendant le *Festival du Peu*, dans un espace extérieur à Le Broc, sous la forme d'une composition pour harpe et électronique live, spatialisée à travers 16 haut-parleurs, accompagnée d'une projection visuelle mélangeant images et synthèse visuelles en temps réel avec trois narrateurs (résidents de la commune de Le Broc).

³⁹⁴ « *La Symphonie del Environnement* », *Le Broc, France*. Consulté le 15 avril 2023, à l'adresse <https://youtu.be/sLBBraGU3pQ>

³⁹⁵ *Concept, Design, Coordination: Andrew Bullen (Royaume Uni) / Janine Huizenga (Pays Bas); histoire / texte : Andrew Bullen (éditions Hélène Grosso); composition: Romina Romay (Argentine); co-production Conservatoire de Nice (Professeur Gael Navard) – Université Côte d'Azur – Studio Instrumental; Visuels: Leonardo Scarin (Italie); harpe: Helvia Briggen (France); avec le soutien de la Mairie du Broc et à Madame Candace Johnson. La symphonie de l'environnement au Festival du Peu, 8 juillet 2022, Le Broc, Studio Instrumental*. Consulté le 15 avril 2023, à l'adresse <https://studio-instrumental.fr/la-symphonie-de-l-environnement-de-romina-romay-au-festival-du-peu-8-juillet-2022-le-broc/>

³⁹⁶ *Magenta. Make Music And Art Using Machine Learning* Consulté 28 avril 2023, à l'adresse <https://magenta.tensorflow.org/>

Dans le cadre de ce projet, j'ai développé du code spécifique pour la construction de *Pycomposition*, un outil permettant la synthèse de divers matériaux et l'application des processus de composition à partir de fichiers de données météorologiques obtenus en ligne pour composer une partition. Les données ont été également exploitées par l'artiste visuel Leonardo Scarin, qui a conçu une série de visuels à partir de ces informations et du matériel collecté dans la commune, ensuite traités à l'aide du logiciel *Touch Designer*.

Pycomposition a été utilisé pour la composition instrumentale de *La Symphonie de l'Environnement*, qui a ensuite continué à être travaillée pour exister en tant que pièce pour harpe et électronique, intitulée *Le village dans la montagne (2022)*³⁹⁷, interprétée en novembre 2022 par Anaïs de Gilles au Conservatoire de Nice. Inspirée par le projet réalisé au Broc, j'ai généré une série de visuels synthétisés par IA pour accompagner le développement de l'œuvre. L'électronique consiste en une série de *presets* de synthèse granulaire qui accompagnent la harpe, créant différentes textures tout au long de la pièce. La trame narrative de la *Symphonie de l'environnement* a persisté dans cette version comme source d'inspiration pour guider l'enchaînement de quatre parties qui composent la pièce.

8.1. La Symphonie de l'Environnement

Dans le cadre du projet intitulé *La symphonie de l'Environnement*, des *field recordings* associés aux diverses phases de l'évolution de la commune de Le Broc ont été collectés. Ces enregistrements concernent l'environnement naturel, le progrès de l'agriculture, la période d'industrialisation et l'émergence de la numérisation, dans le village du Broc. L'objectif du projet était de permettre aux habitants de rentrer concrètement dans le processus créatif, pour prendre conscience de l'aspect sonore et visuel de leur espace de vie, ainsi que de tenter d'imaginer comment serait le village du le Broc dans le futur. À cette fin, différents *training datasets* des sons correspondants à ces différents périodes, ont été créés et utilisés pour générer du matériel pour la composition de paysages sonores. Ces ensembles sonores ont été employés dans le *notebook* de *Nsynth (Neural Audio Synthesis of Musical Notes with WaveNet Autoencoders)*³⁹⁸. Cet outil permet des résultats qui forment des reconstructions (observables

³⁹⁷ ROMAY R. (2023). *Le village dans la montagne. Data based music and AI visuals.* <https://www.youtube.com/watch?v=xl-iGophsqY>

³⁹⁸ ENGEL, J., RESNICK, C., ROBERTS, A., DIELEMAN, S., ECK, D., SIMONYAN, NOROUZI, K. M. (2017). *nsynth.ipynb*. Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://colab.research.google.com/notebooks/magenta/nsynth/nsynth.ipynb>

dans le site web de *Nsynth*³⁹⁹) des échantillons de sons d'origine fournis en les hybridant de différentes façons entre eux. La résolution des sons est assez faible – en 16 bits – ce qui génère en soi une certaine esthétique.

L'idée de départ était d'avoir trois groupes de sons :

- Sons que l'on qualifiera de « naturels » : eau, chants d'oiseaux, animaux (chiens, coqs, ânes, chèvres, chats, grenouilles), insectes (cigales, insectes volants), vent, feu, tremblement de terre, pluie.
- Une autre catégorie concerne les sons environnementaux toujours, mais produits par l'homme : cloches d'église, vieux moulin à huile d'olive, moulin à roue hydraulique, travail artisanal, restaurants, bars, conversations / rires, marché, enfants, boules de pétanque, sirènes.
- Enfin, la dernière catégorie comprenait des sons techniques et technologiques : outils électriques, machine à café, moulin moderne, hélicoptère, avions, train, cyclistes, voitures / motos, téléphones portables, télévision / radio.

Durant des siècles, la vie au sein de la communauté provençale du Broc s'est déroulée avec peu de modifications, caractérisée par son village pittoresque. L'Église et la noblesse détenaient une part importante du pouvoir et des terres, tandis que la majorité des habitants subsistaient grâce à l'agriculture, l'artisanat ou le commerce. La nature tenait un rôle central dans la vie du village, offrant un environnement luxuriant et paisible. Cependant, des catastrophes naturelles telles que les tremblements de terre ont touché la région en 1494, 1564, 1618 et 1887.

Au cours des années 1950 et 1960, le village a commencé à attirer des visiteurs, ce qui a conduit les Brocois à être exposés au monde extérieur. L'avènement de nouvelles technologies a facilité les transports et les communications, entraînant un déclin de l'agriculture et un essor du tourisme. L'industrialisation est restée confinée à la vallée, sans influencer l'esprit de la communauté qui persiste jusqu'à aujourd'hui. L'importance de la culture et de l'environnement naturel demeure au cœur de la vie de la commune. Les valeurs de convivialité, de respect pour la nature et de conscience de l'identité locale demeurent omniprésentes. Les nouvelles générations, avec l'avènement de la numérisation, se penchent sur la vision future de leur village. Ceci représente en quelque sorte la trame historique qui guide la réalisation.

Des collages ont été réalisés à partir des fragments produits avec *Nsynth*, en les mélangeant avec des enregistrements envoyés par les habitants. Les paysages sonores

³⁹⁹ MAGENTA (2017). *NSynth: Neural Audio Synthesis*. Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://magenta.tensorflow.org/nsynth>

s'alternaient avec des passages de lecture du texte créé par Andrew Bullen pour l'occasion, *The village that lost its Ears*, et lus par des habitants de Le Broc pendant la réalisation (Figure 68), avec des fragments instrumentaux de harpe et électronique, joués par Helvia Briggen. En même temps, des visuels ont été produits par Leo Scarin, pour accompagner chaque partie de cette pièce.



Figure 68 : Présentation de « *La Symphonie de l'Environnement au Broc*. [Photographie].

De cette expérience, à partir de la composition instrumentale avec *PyComposition*, est née « *Le village dans la montagne* ».

8.2. *PyComposition*, traitement des données et création de partitions avec Python

L'objectif principal de *Pycomposition* est de proposer un modèle permettant de générer des outils et des matériaux pour la composition musicale basés sur des données et des métadonnées. Ce modèle a été initialement élaboré en utilisant *Python 3.9.10* sur la plateforme *Jupyter Notebook 6.3.0* (éditeur *Anaconda* dans ce cas) et est actuellement accessible sur *Google Colaboratory*⁴⁰⁰. Une version démo a été présentée lors de la conférence *WAC, Web*

⁴⁰⁰ ROMAY, R. (2022-2023) *PyComposition*. Google Colaboratory. Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://colab.research.google.com/drive/1MCcV3tv9PYT0YrWC0UV5wI0GRcbamcdm?userstoinvite=tahiralauddin7%40gmail.com&actionButton=1#scrollTo=9TNZ39XCqEmz>

Audio Conference le 06 juillet 2022, à Cannes⁴⁰¹. La motivation pour ce développement, était d'avoir une alternative à *Max*, avec les bibliothèques *bach* et *cage (Max)* ou des programmes comme *Openmusic*. En termes d'utilisation des ressources, *Python* semble être une meilleure option, étant donné que la syntaxe est assez simple et claire – le code étant ainsi facilement modifiable – et qu'il est possible de programmer tout le code en texte, contrairement à *Max* qui repose sur une interface plus sophistiquée, composée d'objets développés par différents utilisateurs. De plus, l'environnement permet de travailler directement avec le matériel de données de base, d'effectuer des opérations élémentaires de traitement de listes, d'appliquer des techniques et des concepts issus de la composition musicale traditionnelle, tels que l'établissement de notes polaires dans un système de hauteurs, la permutation des gammes et rythmes, etc. ; tout en permettant de documenter chaque étape en texte.

Le système musical proposé dans *Pycomposition*, repose sur un *mapping* des données attribuées aux valeurs de hauteur et de durée, sur une hiérarchie des éléments construite sur la base du degré d'apparition de chaque valeur dans l'ensemble des données utilisées, ce qui détermine une série de transpositions et sur le principe selon lequel les hauteurs appartenant au même champ harmonique, comme un ensemble d'intervalles, auront entre elles une sonorité spécifique, permettant d'extraire des gammes et des mélodies.

L'intégralité des valeurs extraites en tant que données sera rassemblée dans un vaste champ de valeurs, qui sera utilisé dans sa forme originale puis rétrograde. Ces champs seront ensuite découpés pour générer des gammes, des mélodies et des accords, avant de combiner tous les éléments dans des partitions. Afin d'illustrer l'application de *Pycomposition*, prenons l'exemple d'un fichier *JSON* correspondant aux données météorologiques de la ville de Nice durant une journée, entre le 13 et 14 février 2022.

Les données traitées dans ce modèle correspondent aux données météorologiques extraites du site *Openweathermap*⁴⁰². Les bibliothèques importées sont les suivantes : *time*, *json*, *pandas*, *random*, *music21*, *collections*, *itertools* et *matplotlib*. *Music21*⁴⁰³, à l'origine une boîte à outils pour la musicologie assistée par ordinateur, est utilisée pour transformer les valeurs en notation dans les partitions.

⁴⁰¹ ROMAY, R. S. (2022). *Creation Of Tools and Materials For Music Composition From Data and Metadata*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6796396>

⁴⁰² *Weather API - OpenWeatherMap*. (2023). Consulté 27 avril 2023, à l'adresse <https://openweathermap.org/api>

⁴⁰³ *music21: A Toolkit for Computer-Aided Musicology*. (s. d.). Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <http://web.mit.edu/music21/>

La première partie du code a pour objectif de lire les données météorologiques d'un fichier JSON choisi par l'utilisateur et de les traiter pour créer une liste de valeurs pour les convertir en un format adapté à la génération de partitions.

-Le code lit le fichier *JSON*, « *datanice.json* » dans cet exemple et extrait les métadonnées choisies. Dans ce cas il s'agit des données météorologiques horaires y compris la température, l'humidité, la vitesse du vent (« *wind gust* »), le point de rosée (« *dew_point* »), la direction du vent (« *wind_deg* ») et l'indice UV (« *uvi* »).

```
#Import json file in my case "datanice.json"
from google.colab import files
uploaded = files.upload()

#Selecting the parameters that are gonna be transcoded into music
with open("datanice.json") as json_file:
    data = json.load(json_file)
    for i in data['hourly']:
        thistemp = (i['temp'])
        thishumidity = (i['humidity'])
        thiswindgust = (i['wind_gust'])
        thisdewpoint = (i['dew_point'])
        thiswinddeg = [(i['wind_deg'])]
        thiswindgust = (i['uvi'])

#Getting hourly data from the json file
with open("datanice.json") as json_file:
    data = json.load(json_file)
    hourlydata = (data['hourly'])
```

Le code crée une liste de tous les paramètres pour chaque heure en les ajoutant à la liste ici appelée « *allparameters* ». Il trouve ensuite les valeurs maximales et minimales de ces paramètres dans les données.

```
#Create a list with all the parameters
with open("datanice.json") as json_file:
    data = json.load(json_file)
    hourlydata = (data['hourly'])

allparameters = []
for parameter in hourlydata:
    allparameters.append(parameter['temp'])
    allparameters.append(parameter['humidity'])
    allparameters.append(parameter['wind_gust'])
    allparameters.append(parameter['dew_point'])
```

```

allparameters.append(parameter['wind_deg'])
allparameters.append(parameter['uvi'])

#Getting max and min range of "allparameters"
MaxMaxAll = max(allparameters)
MinMinAll = min(allparameters)

newMaxPitch = 72
newMinPitch = 36

newMaxDuration = 12
newMinDuration = 0

```

Il définit de nouvelles valeurs maximales et minimales pour les hauteurs et les durées et met ainsi à l'échelle les valeurs de la liste « *allparameters* » à l'aide d'une transformation linéaire pour créer deux nouvelles listes ici appelées : « *scaleAllPitches* » et « *scaleAllDurations* ». La transformation associe les valeurs originales des paramètres météorologiques à la nouvelle plage de valeurs pour les hauteurs et les durées.

```

#Scale values
scaleAllPitches = []
for itemP in allparameters:
    neoMaxP = (itemP - MinMinAll) / (MaxMaxAll - MinMinAll) *
(newMaxPitch - newMinPitch) + newMinPitch
    scaleAllPitches.append(neoMaxP)

scaleAllDurations = []
for itemD in allparameters:
    neoMaxD = (itemD - MinMinAll) / (MaxMaxAll - MinMinAll) *
(newMaxDuration - newMinDuration) + newMinDuration
    scaleAllDurations.append(neoMaxD)

```

Ensuite, il arrondit les valeurs de deux listes correspondant aux hauteurs et durées, « *scaleAllPitches* » et « *scaleAllDurations* » en utilisant la fonction « *round()* » et stocke les valeurs arrondies dans deux nouvelles listes, appelées ici, aléatoirement et respectivement « *lst99* » et « *lst9* ». Le code se compose de deux boucles similaires qui effectuent l'arrondissement à un nombre déterminé des décimales. La première partie du code arrondit les valeurs de la liste « *scaleAllPitches* » à un chiffre après la virgule :


```

lst99 = []
for item in scaleAllPitches:
    rounded = round(item, 1)
    lst99.append(rounded)

```

La deuxième partie du code arrondit les valeurs de la liste « *scaleAllDurations* » à trois chiffres après la virgule :

```

lst9 = []
for item in scaleAllDurations:
    rounded = round(item, 3)
    lst9.append(rounded)

```

Puis, un nouvel arrondi des valeurs de durée et de hauteur stockées dans les listes « *lst9* » et « *lst99* » est réalisée, en les arrondissant à des multiples spécifiques. Il permet d'arrondir davantage les valeurs de durée et de hauteur pour les aligner sur des multiples spécifiques (0.125 pour les durées et 0.5 pour les hauteurs), ce qui est convenable pour l'ultérieure utilisation de « *music21* ». Les résultats sont stockés sur deux listes, ici appelées « *durationValuesRoundedAllDurations* » et « *durationValuesRoundedPitches* »

```

#Assigning duration values to a list
list919 = list(lst9)
#Assigning pitch values to a list
list9199 = list(lst99)
#Round duration values to multiples of 0.125 for durations
durationValuesRoundedAllDurations = []
for v in list919:
    durationValuesRoundedDurations= float(round(v/0.125)*0.125)

durationValuesRoundedAllDurations.append(durationValuesRoundedDurations
)

#print(durationValuesRoundedAllDurations)

#Round pitch values to multiples of 0.5 for pitches
durationValuesRoundedAllPitches = []
for v in list9199:
    durationValuesRoundedPitches= float(round(v/0.5)*0.5)

durationValuesRoundedAllPitches.append(durationValuesRoundedPitches)

```


Par la suite, le code crée deux nouvelles listes en inversant l'ordre des éléments des listes précédentes avec la fonction « *reversed()* » .

```
#Reversed duration values to get one set of original order of values,  
and a second set with reversed order values
```

```
lstreverseDur = list(reversed(durationValuesRoundedAllDurations))  
lstreverse = list(reversed(durationValuesRoundedAllPitches))
```

Puis, il ajuste les valeurs de hauteur (pitch) de la liste *durationValuesRoundedAllPitches* pour les forcer à entrer dans une plage spécifique, dans cet exemple entre DO3 (note MIDI 36) et DO5 (note MIDI 72). L'utilisateur peut choisir une autre plage de valeurs MIDI selon ses préférences. À la fin de ce processus, toutes les valeurs de hauteur de la liste « *lst* » seront comprises entre 36 (DO3) et 72 (DO5), inclusivement. Il assure ainsi que les hauteurs sont ajustées pour être dans la plage souhaitée, en les transposant d'une octave vers le haut ou vers le bas si nécessaire.

```
#Force to get into some range, in this exemple, between : DO3 =  
midinote36 and DO5 = midinote72  
#User might choose another range, in MIDI values
```

```
rz = []  
for i in durationValuesRoundedAllPitches:  
    while i < 36:  
        i += 12  
    else:  
        rz.append(i)  
mylist7 = rz
```

```
zz = []  
for i in mylist7:  
    while i > 72:  
        i -= 12  
    else:  
        zz.append(i)
```

```
lst = zz
```

« *Lilypond* »⁴⁰⁴ et « *FluidSynth* »⁴⁰⁵ sont ensuite installées ; « *Lilypond* » est utilisé pour visualiser les partitions, et « *Fluidsynth* » est utilisé pour avoir un aperçu sonore des partitions.

```
#You can optionally install lilypond and fluidsynth with brew from
Terminal
# Enabling music21 to render images of musical notes
print('installing lilypond...')
!apt-get install lilypond > /dev/null

# Installing fluidsynth to convert midi files to wav files into order
to listen to them
print('installing fluidsynth...')

!apt-get install fluidsynth > /dev/null
!cp /usr/share/sounds/sf2/FluidR3_GM.sf2 ./font.sf2

print('done!')
```

La partie du code suivante, importe des modules et définit les fonctions de la bibliothèque « *music21* » pour visualiser et écouter des partitions de musique en lien avec *Lilypond* et *FluidSynth*.

La première fonction « *show* » convertit un objet musical de « *music21* » en une image en utilisant le format de notation musicale de *LilyPond* et l'affiche à l'écran. « *music* » est l'objet musical de *music21* ; « *displa* » et « *ret* » sont deux booléens déterminant si l'image doit être affichée. La méthode « *write()* » est dans ce contexte utilisé pour créer une image au format « *lily.png* ».

La fonction « *play* », convertit un objet musical de *music21* en un fichier MIDI, puis en un fichier audio WAV en utilisant *FluidSynth*.

La méthode *write()* de l'objet musical est ici utilisée pour créer un fichier MIDI.

« *!fluidsynth* » va permettre de convertir le fichier MIDI en fichier audio WAV avec une fréquence d'échantillonnage de 16 000 Hz.

```
import music21
from IPython.display import Image, Audio
def show(music, displa=True, ret=False):
    im = Image(str(music.write('lily.png')))
```

⁴⁰⁴ LilyPond – la notation musicale pour tous. (2023). Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://lilypond.org/index.fr.html>

⁴⁰⁵ FluidSynth | Software synthesizer based on the SoundFont 2 specifications. (2020). Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://www.fluidsynth.org/>

```

if displa:
    display(im)
if ret:
    return im

def play(music):
    filename = music.write('mid')
    !fluidsynth -ni font.sf2 $filename -F $filename\wav -r 16000 >
/dev/null
    display(Audio(str(filename) + '.wav'))

```

Ensuite, la première partition est produite en associant les valeurs de hauteur et de durée aux notes. L'objet « *stream.Stream()* », s'agit d'un conteneur pour les objets musicaux. L'objet « *while* » démarre la boucle pour parcourir chaque valeur de la liste des hauteurs, intitulée pour cet exemple « *lst* », pour créer à chaque fois un nouvel objet « *note.Note* », contenant les informations de la hauteur et de la durée spécifiée par l'élément correspondant dans la liste. Ces notes vont être ajoutées aux « *stream.Stream()* » ici appelée « *streamly* ». La variable « *quantizePost* » est un booléen qui détermine si les notes doivent être quantifiées après leur ajout au flux et « *quarterLengthDivisors* » est une liste d'entiers qui spécifie les diviseurs de durée à utiliser lors de la quantification.

```

#Creating a first score assigning pitch and duration values to notes
#Score "original"
streamly = stream.Stream()

index = 0
while index < len(lst):
    index = 0
    for valy in lst:
        index +=1
        indexNote = (index - 1)
        streamly.append(note.Note(valy,
quarterLength=(durationValuesRoundedAllDurations[indexNote]))
        quantizePost=True
        quarterLengthDivisors=[12, 16]

```

Puis, il sauvegarde et exporte la première partition (en tant que "stream.Score()") créée précédemment, ajoute des métadonnées ("metadata.Metadata()" : "metadata.title" et "metadata.composer") puis réalise une visualisation de la partition et une simulation pour l'écouter :

```

#Saving and exporting the first score
firstScore= stream.Score()

```

```

firstScore.append([streamly])

firstScore.insert(0, metadata.Metadata())
firstScore.metadata.title = 'First Score Nice PyComposition Test'
firstScore.metadata.composer = 'Data'

firstScore.write('musicxml',
fp='First_Score_Nice_PyComposition_Test.xml')
#Visualizing and hearing the first score
pynice =
music21.converter.parse('First_Score_Nice_PyComposition_Test.xml')
firstScore.show('midi')
show(pynice)

```

Voici un extrait de la partition (le reste en Annexes) :

First Score Nice PyComposition

The image displays a musical score for a piece titled "First Score Nice PyComposition". The score is written in bass clef with a common time signature (C). It consists of eight staves of music, with measure numbers 5, 9, 12, 15, 18, 23, and 29 indicated at the beginning of their respective staves. The notation includes various note values, rests, and articulation marks such as slurs and accents. The key signature appears to be one sharp (F#).

Figure 69 : Première partition générée avec « Pycomposition ». [Partition].

Ensuite, une nouvelle partition est créée, basée sur les listes inversées de hauteurs et de durées des notes :

```

#Score based on the reversed lists
from music21 import *
stream1x1x = stream.Stream()

index = 0
while index < len(lstreverse):
    for valx in lstreverse:
        index +=1
        indexNote2 = (index - 1)
        stream1x1x.append(note.Note(valx,
quarterLength=(lstreverseDur[indexNote2])))
        quantizePost=True
        quarterLengthDivisors=[12, 16]

```

Et la visualization et simulations aussi produites :

```

reversedScore= stream.Score()
reversedScore.append([stream1x1x])

reversedScore.insert(0, metadata.Metadata())
reversedScore.metadata.title = 'First Score Reversed Nice PyComposition
Test'
reversedScore.metadata.composer = 'Data'

reversedScore.write('musicxml',
fp='First_Score_Reversed_Nice_PyComposition_Test.xml')

pynicereversed =
music21.converter.parse('First_Score_Reversed_Nice_PyComposition_Test.x
ml')
reversedScore.show('midi')
show(pynicereversed)

```

Voici un extrait de la partition inversée :

First Score Reversed Nice PyComposition Test

The image displays a musical score for a piece titled "First Score Reversed Nice PyComposition Test". The score is written in bass clef with a common time signature (C). It consists of eight staves of music, each starting with a measure number: 6, 11, 17, 23, 28, 31, and 34. The notation includes various note values, rests, and dynamic markings such as accents and slurs. The key signature is one sharp (F#).

Figure 70 : *Partition inversée, générée avec « Pycomposition ».* [Partition].

Ensuite, le programme extrait toutes les propriétés des notes de la partition « originale » générée précédemment, traite les liaisons et les répétitions, puis crée une liste de hauteurs enlevant les notes répétées afin de créer une gamme.

La partition « *First_Score_Nice_PyComposition_Test.xml* » dans cet exemple, est chargée à l'aide de la méthode « *m.converter.parse()* » et stockée dans la variable « *song* ». « *stripTies()* » traite les liaisons et « *m.repeat* » les répétitions. La fonction « *getMusicProperties(x)* » traduit les notes en une chaîne de caractères contenant les propriétés de la note, telles que la hauteur, la durée, la liaison, et l'octave. Les valeurs résultantes sont stockées dans la liste « *myliste3* ».

Une nouvelle liste, « *myliste4* » va rassembler les hauteurs uniques en supprimant les doublons à l'aide de la méthode « *dict.fromkeys()* ». Les hauteurs sont « forcées » à se situer dans l'octave 4 (registre central), et les résultats sont stockés dans « *myliste9* ». Les nombres sont choisis arbitrairement et peuvent être remplacés.

```

#Get all parameters of each value from the score406
import music21 as m
song = m.converter.parse('First_Score_Nice_PyComposition_Test.xml')
#Process the ties
song = song.stripTies()
#Unfold repetitions
i = 0;
for a in streamly:
    if a.isStream:
        e = m.repeat.Expander(a)
        s2 = e.process()
        timing = s2.secondsMap
        song[i] = s2
    i += 1;
#Add note onsets
def getMusicProperties(x):
    s = '';
    t='';
    s = str(x.pitch) + ", " + str(x.duration.type) + ", " +
str(x.duration.quarterLength);
    s += ", "
    if x.tie != None:
        t = x.tie.type;
    s += t + ", " + str(x.pitch.ps) + ", " + str(x.octave); # +
str(x.seconds) # x.seconds not always there
    return s
mylist4 = []
allPitches = []
letterPitch = []

for a in song.recurse().notes:

    if (a.isNote):
        x = a;
        s = getMusicProperties(x);
        ptch= x.pitch.ps
        letter = str(x.pitch)
        allPitches.append(ptch)
        letterPitch.append(letter)
    if (a.isChord):
        for x in a._notes:
            s = getMusicProperties(x);
#All pitch values
mylist3 = allPitches
print("Done.")
#Pitch values without repetitions extracted from the generated xml file

```

⁴⁰⁶ *Iterating over all notes in music21.* Consulté 15 avril 2023 ; à l'adresse <https://stackoverflow.com/questions/45093673/iterating-over-all-notes-in-music21>

```

mylist4 = list(dict.fromkeys(mylist3))

#Force to get into octave number 4 (central register)
rz = []
for i in mylist4:
    while i < 60:
        i += 12
    else:
        rz.append(i)
mylist7 = rz
zz = []
for i in mylist7:
    while i > 72:
        i -= 12
    else:
        zz.append(i)
mylist8 = zz

#Pitch values list without repetitions
mylist9 = list(dict.fromkeys(mylist8))
print(mylist9)

```

Le résultat est : [61.5, 65.5, 60.5, 60.0, 65.0, 71.0, 61.0, 71.5, 69.0, 67.0, 64.0, 63.5, 66.0, 62.5, 67.5, 62.0, 63.0, 68.0, 68.5, 69.5, 72.0, 70.5, 70.0, 66.5]

Puis, le code extrait l'échelle de hauteurs de la partition originale, créée à partir de la liste « *mylist9* », et génère une visualisation et simulation de la série de notes :

```

#Getting the scale of the original score
stream2 = stream.Stream()
thisNote5 = []
for thisPitch in mylist9:
    thisNote6 = note.Note(thisPitch)
    thisNote5.append(thisNote6)
    stream2.append(note.Note(thisPitch, quarterLength=0.5))
    stream2.write('musicxml', fp='scaleNicePyCompositionTest.xml')
scaleFirstScore= stream.Score()
scaleFirstScore.append([stream2])
scaleFirstScore.insert(0, metadata.Metadata())
scaleFirstScore.metadata.title = 'Scale First Score Nice Test'
scaleFirstScore.metadata.composer = 'Data'
scaleFirstScore.write('musicxml',
fp='scaleFirstScoreNicePyCompositionTest.xml')

```



```

pynicescale =
music21.converter.parse('scaleFirstScoreNicePyCompositionTest.xml')
scaleFirstScore.show('midi')
show(pynicescale)

```

Voici le résultat :



Figure 71 : Échelle correspondant à l'ensemble de données, avant d'être organisée selon la hauteur. [Partition].

Après, la liste des hauteurs de la gamme est triée et ordonnée, pour produire une nouvelle échelle :

```

#Sorting the list to order the notes in the scale
mylist10 = (zz)
mylist9.sort()
stream3 = stream.Stream()

thisNote7 = []
for thisPitch in mylist9:
    thisNote8 = note.Note(thisPitch)
    thisNote7.append(thisNote8)
    stream3.append(note.Note(thisPitch, quarterLength=0.5))
    stream3.write('musicxml',
fp='scaleNiceSortedPyCompositionTest.xml')

scaleFirstScoreSorted= stream.Score()
scaleFirstScoreSorted.append([stream3])
scaleFirstScoreSorted.insert(0, metadata.Metadata())
scaleFirstScoreSorted.metadata.title = 'Scale First Score Sorted Nice
PyComposition Test'
scaleFirstScoreSorted.metadata.composer = 'Data'
scaleFirstScoreSorted.write('musicxml',
fp='scaleFirstScoreSortedNicePyCompositionTest.xml')

#Scale ordered
pynicescalesorted =
music21.converter.parse('scaleFirstScoreSortedNicePyCompositionTest.xml
')
scaleFirstScoreSorted.show('midi')
show(pynicescalesorted)

```

Et cette fois-ci nous obtenons ce résultat :

Scale First Score Sorted Nice PyComposition Test



Figure 72 : Échelle correspondant à l'ensemble de données traités. [Partition].

Il analyse la liste des hauteurs extraites de la partition pour déterminer les cinq notes les plus courantes. Ces notes seront des notes "polaires" qui détermineront des transpositions. Une partition montrant ces cinq notes les plus courantes est créée.

La classe « *Counter* » de la bibliothèque « *collections* » compte le nombre de fois que chaque hauteur apparaît dans la liste « *mylist9* ». La variable « *manyTimes* » stocke les résultats. La méthode « *most_common()* » est utilisée pour obtenir les 5 notes les plus courantes et leur nombre d'apparitions. Le résultat est sauvegardé dans la variable « *counting* ».

Un nouvel objet « *stream.Stream()* » appelé « *stream122* » va stocker les notes les plus courantes, pour ensuite les transcoder en partition avec « *stream.Score()* » :

```
#In order to create melodies,  
#How many times each note appears  
  
manyTimes = [Counter(mylist9)]  
counting = Counter(mylist9).most_common(5)  
#Most common 5 notes in ascending order regarding how many times they  
appear  
countings = (counting[0][0], counting[1][0], counting[2][0],  
counting[3][0], counting[4][0])  
aCount = list(countings)  
  
#Score visualising the most common five notes  
stream122 = stream.Stream()  
thisNote155 = []  
for aaCount in aCount:  
    thisNote166 = note.Note(aaCount)  
    thisNote155.append(thisNote166)  
    stream122.append(note.Note(aaCount, quarterLength=0.5))  
    stream122.write('musicxml',  
fp='AccountingsNicePyCompositionTest.xml')  
mostCommonFive= stream.Score()
```

```

mostCommonFive.append([stream122])
mostCommonFive.insert(0, metadata.Metadata())
mostCommonFive.metadata.title = 'Most Common Five Notes Nice
PyComposition Test'
mostCommonFive.metadata.composer = 'Data'
mostCommonFive.write('musicxml',
fp='mostCommonFiveNicePyCompositionTest.xml')
#Visualisation of the most common notes, or polar notes

pynicecommon5 =
music21.converter.parse('mostCommonFiveNicePyCompositionTest.xml')
mostCommonFive.show('midi')
show(pynicecommon5)

```

Most Common Five Notes Nice PyComposition Test



Figure 73 : Les notes qui apparaissent le plus souvent, qui seront les « notes polaires ». [Partition].

La même procédure est appliquée pour obtenir les durées les plus courantes :

```

#Getting most common 5 durations
manyTimesR = [Counter(durationValuesRoundedAllDurations)]
countingR = Counter(durationValuesRoundedAllDurations).most_common(5)
countingsR = (countingR[0][0], countingR[1][0], countingR[2][0],
countingR[3][0], countingR[4][0])
aCountR = list(countingsR)

stream122R = stream.Stream()
thisNote155R = []
for aaCountR in aCountR:
    thisNote166R = note.Note(aaCountR)
    thisNote155R.append(thisNote166R)
    stream122R.append(note.Note(60, quarterLength=aaCountR))
    stream122R.write('musicxml', fp='AcountingsRNiceTest.xml')

mostCommonFiveDurations= stream.Score()
mostCommonFiveDurations.append([stream122R])
mostCommonFiveDurations.insert(0, metadata.Metadata())
mostCommonFiveDurations.metadata.title = 'Most Common Five Durations
Nice PyComposition Test'
mostCommonFiveDurations.metadata.composer = 'Data'
mostCommonFiveDurations.write('musicxml',
fp='mostCommonFiveDurationsNicePyCompositionTest.xml')

```

```

pynicecommon5durations =
music21.converter.parse('mostCommonFiveDurationsNicePyCompositionTest.x
ml')
mostCommonFiveDurations.show('midi')
show(pynicecommon5durations)

```

Ce qui donnera ce résultat :

Most Common Five Durations Nice PyComposition Test



Figure 74 : Les durées qui apparaissent le plus souvent, donnent une idée du profil rythmique. [Partition].

Ensuite, afin de générer des mélodies, la totalité des valeurs de hauteur est remise dans l'octave central :

```

#Force to get into octave number 4 (the whole set)
krz = []
for i in mylist3:
    while i < 60:
        #print(i)
        i += 12
    else:
        #print('Loop ended, i =', i)
        #print(i)
        krz.append(i)
mylist87 = krz
kzz = []
for i in mylist87:
    while i > 72:
        i -= 12
    else:
        kzz.append(i)
mylist78 = kzz

```

Puis la liste des hauteurs de notes « *mylist78* » est divisée en six parties égales (« *subListA* », « *subListB* », « *subListC* », « *subListD* », « *subListE* », et « *subListF*. »), chacune contenant un sous-ensemble de notes :

```

#Division into 6 parts, in accordance with the number of parameters
chosen; values are still not sorted.

```

```

# 6 subsets of notes, to create a scale from each of them.
#Amount of elements in pitch values
numberList3 = len(mylist3)

divisionvalue = int(numberList3 / 6)

from itertools import zip_longest
def grouper(iterable, n, fillvalue=None):
    args = [iter(iterable)] * n
    return zip_longest(*args, fillvalue=fillvalue)

sublist33 = (list(grouper(mylist78, divisionvalue)))

subListA = list(sublist33[0])
subListB = list(sublist33[1])
subListC = list(sublist33[2])
subListD = list(sublist33[3])
subListE = list(sublist33[4])
subListF = list(sublist33[5])

```

La suite du code crée et affiche six gammes musicales différentes à partir des sous-listes précédemment créées (« *subListA* » à « *subListF* »). En premier lieu, les doublons sont supprimés de chaque sous-liste. Puis, les hauteurs de notes de la sous-liste sans doublons sont triées par ordre croissant. Un nouvel objet « *stream.Stream* » est créé où les notes de la sous-liste triée sont ajoutés. Le résultat est sauvegardé dans un fichier « *MusicXML* ». Un objet « *stream.Score* » est généré, contenant le *stream* où vont se définir les métadonnées. Puis les fonctions « *play()* » et « *show()* » font une simulation et affichent la partition. Le code suivant est répété pour chaque sous-liste :

```

#Pitch values without repetitions in first part, or partA
subListAA = list(dict.fromkeys(subListA))
#First part pitch values ordered
mylistA = (subListAA)
mylistA.sort()

stream222 = stream.Stream()
thisNote55 = []
for thisPitch in mylistA:
    thisNote88 = note.Note(thisPitch)
    thisNote55.append(thisNote88)
    stream222.append(note.Note(thisPitch, quarterLength=0.5))
    stream222.write('musicxml',
fp='fragmentANicePyCompositionTest.xml')

```

```

firstPartScale= stream.Score()
firstPartScale.append([stream222])
firstPartScale.insert(0, metadata.Metadata())
firstPartScale.metadata.title = 'First Part Scale Nice PyComposition
Test'
firstPartScale.metadata.composer = 'Data'
firstPartScale.write('musicxml',
fp='firstPartScaleNicePyCompositionTest.xml')

pynicefirstscale =
music21.converter.parse('firstPartScaleNicePyCompositionTest.xml')
play(pynicefirstscale)
show(pynicefirstscale)

```

Les échelles résultats sont :

First Part Scale Nice PyComposition Test



Second Part Scale Nice PyComposition Test



Third Part Scale Nice PyComposition Test



Fourth Part Scale Nice PyComposition Test



Fifth Part Scale Nice PyComposition Test



Sixth Part Scale Nice PyComposition Test



Figure 75 : Échelles résultantes des six sous-listes traitées. [Partitions].

Ensuite, cinq transpositions différentes d'une partition musicale sont produites, calculant l'intervalle entre la première note du set des valeurs et les cinq principales notes

enregistrées préalablement dans la liste « *aCount* ». Des objets « *interval.Interval* » sont utilisés pour chaque intervalle calculé. Par la suite, la partition est transposée en appliquant l'intervalle de transposition correspondant grâce à la méthode « *transpose()* ». Un nouvel objet « *stream.Score* » sera alors employé pour chaque partition transposée. Le code suivant est appliqué à chaque transposition :

```
#Creating transpositionss on the 5 main notes intervals -distance to
the 5 main notes-:
ssss = converter.parse('First_Score_Nice_PyComposition_Test.xml')

#Calculate transposition interval
interval_value_1 = (mylist78[0] - aCount[0])
interval_value_2 = (mylist78 [0] - aCount[1])
interval_value_3 = (mylist78 [0] - aCount[2])
interval_value_4 = (mylist78 [0] - aCount[3])
interval_value_5 = (mylist78 [0] - aCount[4])
interval_1 = interval.Interval(interval_value_1)
interval_2 = interval.Interval(interval_value_2)
interval_3 = interval.Interval(interval_value_3)
interval_4 = interval.Interval(interval_value_4)
interval_5 = interval.Interval(interval_value_5)

#First transposition
xrtz = stream.Stream(ssss).transpose(interval_1)
firstTransposition= stream.Score()
firstTransposition.append([xrtz])
firstTransposition.insert(0, metadata.Metadata())
firstTransposition.metadata.title = 'First Transposition Nice
PyComposition Test'
firstTransposition.metadata.composer = 'Data'
firstTransposition.write('musicxml',
fp='firstTranspositionNicePyCompositionTest.xml')
```

Après, des groupes des deux accords vont être générés pour chaque échelle. Deux indices sont choisis de manière aléatoire de la liste des durées en utilisant la fonction « *random.randrange* ». Deux objets « *chord.Chord* » sont ensuite créés en précisant les indices des notes (après vérification de la longueur de l'échelle) conformant chaque sous-liste (A à F). Ensuite des objets « *stream.Score* » vont produire les partitions. Chaque fois que le code est

répété, il génère une version différente des accords Le code affiché, qui correspond à la partie A, est réitéré pour chaque échelle :

```
#Chords part A
#User might choose the notes number position.

drtg0FF1 = random.randrange(0, len(durationValuesRoundedAllDurations))
drtg0FF2 = random.randrange(0, len(durationValuesRoundedAllDurations))

chord1 = chord.Chord([pitch.Pitch(mylistA[0]), pitch.Pitch(mylistA[2]),
pitch.Pitch(mylistA[4])])
chord2 = chord.Chord([pitch.Pitch(mylistA[1]), pitch.Pitch(mylistA[3]),
pitch.Pitch(mylistA[5])])

chord1.duration.quarterLength =
(durationValuesRoundedAllDurations[drtg0FF1])
chord2.duration.quarterLength =
(durationValuesRoundedAllDurations[drtg0FF2])

s321 = stream.Score()
st123 = stream.Stream()
st123.append(chord1)
st123.append(chord2)
s321.append(st123)

s321.insert(0, metadata.Metadata())
s321.metadata.title = 'Chords A Nice PyComposition Test'
s321.metadata.composer = 'Data'
s321.write('musicxml', fp='chordsANicePyCompositionTest.xml')
s321.show('midi')
pyniceChordsA =
music21.converter.parse('chordsANicePyCompositionTest.xml')
show(pyniceChordsA)
```

Les accords résultants sont :

Chords A Nice PyComposition Test



Chords B Nice PyComposition Test



Chords C Nice PyComposition Test



Chords D Nice PyComposition Test



Chords E Nice PyComposition Test



Chords F Nice PyComposition Test



Figure 76 : Accords résultantes des six sous-listes traitées. [Partitions].

Ensuite, le code crée des mélodies en utilisant les différentes parties (« A », « B », « C », « D », « E », « F ») créées précédemment. Pour chaque partie, il sélectionne des notes et des durées à partir des listes correspondantes aux hauteurs et durées, dans ce cas « *mylistA-E* » et « *durationValuesRoundedAllDurations* ». Cela s'applique à chaque sous-groupe :

```
#Creating melodies, part A
#Random pitch order, within the notes of part
frtg0 = random.randrange(0, len(mylistA))
frtg1 = random.randrange(0, len(mylistA))
frtg2 = random.randrange(0, len(mylistA))
frtg3 = random.randrange(0, len(mylistA))
frtg4 = random.randrange(0, len(mylistA))
frtg5 = random.randrange(0, len(mylistA))
#Random durations within the list
drtg0 = random.randrange(0, len(durationValuesRoundedAllDurations))
drtg1 = random.randrange(0, len(durationValuesRoundedAllDurations))
drtg2 = random.randrange(0, len(durationValuesRoundedAllDurations))
drtg3 = random.randrange(0, len(durationValuesRoundedAllDurations))
drtg4 = random.randrange(0, len(durationValuesRoundedAllDurations))
drtg5 = random.randrange(0, len(durationValuesRoundedAllDurations))

sMelA = stream.Score()
sAmel = stream.Stream()
sAmel.append(note.Note((mylistA[frtg0]),
quarterLength=(durationValuesRoundedAllDurations[drtg0])))
```


La suite propose de réaliser une composition musicale à titre d'exemple en combinant différentes mélodies et accords générés précédemment. La composition suit la forme A-B-A[^]. Tout d'abord, plusieurs flux (*stream*) sont créés pour contenir les différentes combinaisons de mélodies et accords. Pour cet exemple, dans la première section, les mélodies générées sont combinées avec des accords et des silences :

```
#Composing.
#User might patchwork different materials generated to compose music
form.
PartA = stream.Score()
streamMelos1 = stream.Stream()
streamMelos2 = stream.Stream()
streamMelos3 = stream.Stream()
streamMelos4 = stream.Stream()
streamMelos5 = stream.Stream()
streamMelos6 = stream.Stream()
streamMelos7 = stream.Stream()
streamMelos8 = stream.Stream()
streamMelos9 = stream.Stream()
streamMelos10 = stream.Stream()
streamMelos11 = stream.Stream()
streamMelos12 = stream.Stream()
streamMelos13 = stream.Stream()

#First section, combining generated melodies with chords
restA = note.Rest()
restA.duration.quarterLength = 1.0
streamMelos1.append([sMelD, restA, sMelF, sMelC])
streamMelos2.repeatAppend(streamMelos1, 2)
streamMelos3.repeatAppend(sMelA, 2)
streamMelos4.append([streamMelos2, streamMelos3])
restB = note.Rest()
restB.duration.quarterLength = 1.250
restC = note.Rest()
restC.duration.quarterLength = 3.625
streamMelos5.append([restB, sMelD, sMelF, sMelC])
streamMelos6.append([streamMelos4, streamMelos5])

#Adding chords
streamMelos7.append([sMelA, restC, sMelE, s3211E])
streamMelos8.repeatAppend(streamMelos7, 2)
streamMelos9.append([streamMelos6, streamMelos7, streamMelos8, s321])

#Adding silence
restD = note.Rest()
restD.duration.quarterLength = 0.5
```

```

streamMelos10.repeatAppend(s3211F, 2)
streamMelos11.append([streamMelos9, restD, streamMelos10, s3211])
restE = note.Rest()
restE.duration.quarterLength = 2
streamMelos12.repeatAppend(s321, 2)
streamMelos13.append([streamMelos11, restE, streamMelos12])

PartA.append(streamMelos13)
PartA.insert(0, metadata.Metadata())
PartA.metadata.title = 'Part A Nice PyComposition Test'
PartA.metadata.composer = 'Data'
PartA.write('musicxml', fp='PartANicePyCompositionTest.xml')
pynicePARTA = music21.converter.parse('PartANicePyCompositionTest.xml')
PartA.show('midi')
show(pynicePARTA)

```

Part A Nice PyComposition Test

The image displays a musical score for a single melodic line in treble clef, common time (C). The score is divided into 12 systems, with measure numbers 4, 7, 10, 13, 17, 21, 25, 29, 33, and 38 marked at the beginning of their respective systems. The music features a variety of rhythmic values including eighth, sixteenth, and thirty-second notes, as well as rests. The key signature changes from one sharp (F#) to one flat (Bb) and back to one sharp (F#) during the piece. The notation includes slurs, ties, and dynamic markings such as accents and hairpins.

Figure 78 : Résultat de la Partie A. [Partition].

La section « *B* » de la composition combine des fragments de partitions inversés, des mélodies et des accords dans un registre inférieur, en ajoutant également des transpositions :

```
#Second section, combining generated reversed score fragments with
melodies and chords in a lower register, and
#adding transpositions

streamMelos18 = stream.Score()
ScoreFragMelos17 = stream.Score()
streamMelos17 = stream.Stream()

#Adding fragments of the reversed score, mixed with melodies. They are
#afterwards transposed
ssssz =
converter.parse('First_Score_Reversed_Nice_PyComposition_Test.xml')
szsz = ssssz.parts[0].measures(2, 3)
streamMelos17.append(szsz)
ScoreFragMelos17.append(streamMelos17)
streamMelos18.append([ScoreFragMelos17, sMelA])
fragment1Transposed = stream.Score(streamMelos18).transpose(interval_1)
streamMelos20 = stream.Score()
ScoreFragMelos21 = stream.Score()
streamMelos21 = stream.Stream()

sssszz =
converter.parse('First_Score_Reversed_Nice_PyComposition_Test.xml')
szszz = sssszz.parts[0].measures(2, 5)
streamMelos21.append(szszz)
ScoreFragMelos21.append(streamMelos21)
streamMelos20.append([ScoreFragMelos21, sMelB])
fragment2Transposed = stream.Score(streamMelos20).transpose(interval_1)
streamMelos22 = stream.Score()
ScoreFragMelos23 = stream.Score()
streamMelos23 = stream.Stream()

sssszz2 =
converter.parse('First_Score_Reversed_Nice_PyComposition_Test.xml')
szszzz2 = sssszz2.parts[0].measures(5, 7)
streamMelos23.append(szszzz2)
ScoreFragMelos23.append(streamMelos23)
streamMelos22.append([ScoreFragMelos23, sMelC])
fragment3Transposed = stream.Score(streamMelos22).transpose(interval_1)

#Combining parts
ScoreFragMelos25 = stream.Score()
ScoreFragMelos26 = stream.Score()
ScoreFragMelos27 = stream.Score()
```

```

scoreChordstoTranspose = stream.Score()

PartB1 = stream.Score()
PartB2 = stream.Score()
PartB3 = stream.Score()

ScoreFragMelos28 = stream.Score()
streamMelos25 = stream.Stream()
streamMelos26 = stream.Stream()
streamMelos27 = stream.Stream()
streamChordstoTranspose = stream.Stream()

#Transposing melodies to the different intervals for transpositions,
#and adding silences
restF = note.Rest()
restF.duration.quarterLength = 2
restG = note.Rest()
restG.duration.quarterLength = 2
restH = note.Rest()
restH.duration.quarterLength = 2

streamMelos25.append([sMelD, sMelF])
ScoreFragMelos25.append(streamMelos25)
streamMelos25Transposed =
stream.Score(ScoreFragMelos25).transpose(interval_2)

streamMelos26.append([sMelC, sMelA])
ScoreFragMelos26.append(streamMelos26)
streamMelos26Transposed =
stream.Score(ScoreFragMelos26).transpose(interval_3)

streamMelos27.append([restF, sMelE, sMelB])
ScoreFragMelos27.append(streamMelos27)
streamMelos27Transposed =
stream.Score(ScoreFragMelos27).transpose(interval_4)

ScoreFragMelos28.append([streamMelos25Transposed,
streamMelos26Transposed, streamMelos27Transposed])

#Transposing to a higher octave
ScoreFragMelos28Transposed =
stream.Score(ScoreFragMelos28).transpose(+12)

#Transposing chords to interval4, in a higher octave
streamChordstoTranspose.append([s3211E, s321, s3211F, s32111, s3211D])
scoreChordstoTranspose.append(streamChordstoTranspose)
ChordsTransposed = stream.Score(scoreChordstoTranspose).transpose(+12)

```

```

ChordsTransposed2 =
stream.Score(ChordsTransposed).transpose(interval_4)

streamMelos27 = stream.Score()
ScoreFragMelos29 = stream.Score()
streamMelos29 = stream.Stream()

#Adding from measures 9 to 19 from original score
sssszzz = converter.parse('First_Score_Nice_PyComposition_Test.xml')
szszzz = sssszzz.parts[0].measures(9, 19)
streamMelos29.append(szszzz)
ScoreFragMelos29.append(streamMelos29)
#Transposing it to interval4
fragment6Transposed =
stream.Score(ScoreFragMelos29).transpose(interval_4)

#Appending all these elements to PartB, divided in three parts
PartB1.append([fragment1Transposed,
fragment2Transposed,fragment3Transposed])
PartB1.insert(0, metadata.Metadata())
PartB1.metadata.title = 'Part B1 Nice PyComposition Test'
PartB1.metadata.composer = 'Data'
PartB1.write('musicxml', fp='PartB1NicePyCompositionTest.xml')
PartB2.append([ScoreFragMelos28Transposed, ChordsTransposed2])
PartB2.insert(0, metadata.Metadata())
PartB2.metadata.title = 'Part B2 Nice PyComposition Test'
PartB2.metadata.composer = 'Data'
PartB2.write('musicxml', fp='PartB2NicePyCompositionTest.xml')
PartB3.append([fragment6Transposed])
PartB3.insert(0, metadata.Metadata())
PartB3.metadata.title = 'Part B3 Nice PyComposition Test'
PartB3.metadata.composer = 'Data'
PartB3.write('musicxml', fp='PartB3NicePyCompositionTest.xml')
pynicePARTB1 =
music21.converter.parse('PartB1NicePyCompositionTest.xml')

PartB1.show('midi')
show(pynicePARTB1)
pynicePARTB2 =
music21.converter.parse('PartB2NicePyCompositionTest.xml')
PartB2.show('midi')
show(pynicePARTB2)
pynicePARTB3 =
music21.converter.parse('PartB3NicePyCompositionTest.xml')
PartB3.show('midi')
show(pynicePARTB3)

```

Le résultat de chaque sous-section pour cet exemple est :

Part B1 Nice PyComposition Test



Part B2 Nice PyComposition Test



Part B3 Nice PyComposition Test



Figure 79 : Résultats des Parties B1, B2 et B3. [Partition].

Dans la partie « A^{\wedge} », plusieurs fragments de la section « A » sont réutilisés et transposés pour la composer, avec les intervalles générés ainsi que des transpositions d'octave, avec l'ajout de silences supplémentaires :

```
#Third Section, A^  
PartAprima = stream.Score()
```



```

ScoreFragMelos31 = stream.Score()
streamMelos31 = stream.Stream()
ScoreFragMelos32 = stream.Score()
streamMelos32 = stream.Stream()
ScoreFragMelos33 = stream.Score()
streamMelos33 = stream.Stream()
ScoreFragMelos34 = stream.Score()
streamMelos34 = stream.Stream()
ScoreFragMelos35 = stream.Score()
streamMelos35 = stream.Stream()

restR = note.Rest()
restR.duration.quarterLength = 2.0
restS = note.Rest()
restS.duration.quarterLength = 2.0
restT = note.Rest()
restT.duration.quarterLength = 2.0

#Adding different fragments of PartA, transposed to four intervals
sssszz31 = converter.parse('PartANicePyCompositionTest.xml')
szszz31 = ssssz31.parts[0].measures(0, 5)
streamMelos31.append(szszz31)
ScoreFragMelos31.append(streamMelos31)
fragment31Transposed =
stream.Score(ScoreFragMelos31).transpose(interval_4)

sssszz32 = converter.parse('PartANicePyCompositionTest.xml')
szszz32 = ssssz32.parts[0].measures(6, 8)
streamMelos32.append(szszz32)
ScoreFragMelos32.append(streamMelos32)
fragment32Transposed =
stream.Score(ScoreFragMelos32).transpose(interval_3)

sssszz33 = converter.parse('PartANicePyCompositionTest.xml')
szszz33 = ssssz33.parts[0].measures(17, 22)
streamMelos33.append(szszz33)
ScoreFragMelos33.append(streamMelos33)
fragment33Transposed =
stream.Score(ScoreFragMelos33).transpose(interval_2)

sssszz34 = converter.parse('PartANicePyCompositionTest.xml')
szszz34 = ssssz34.parts[0].measures(45, 50)
streamMelos34.append(szszz34)
ScoreFragMelos34.append(streamMelos34)
fragment34Transposed =
stream.Score(ScoreFragMelos34).transpose(interval_1)
fragment34bTransposed =
stream.Score(fragment34Transposed).transpose(12)

```

```

sssszz35 = converter.parse('PartANicePyCompositionTest.xml')
szszz35 = ssssz35.parts[0].measures(16, 18)
streamMelos35.append(szszz35)
ScoreFragMelos35.append(streamMelos35)
fragment35Transposed = stream.Score(ScoreFragMelos35).transpose(12)

#Adding some silences
rest2 = note.Rest()
rest2.duration.quarterLength = 4.0
rest3 = note.Rest()
rest3.duration.quarterLength = 6.0

PartAprima.append([fragment31Transposed, fragment32Transposed,
fragment33Transposed, fragment34bTransposed, rest2,
fragment35Transposed, rest3])
PartAprima.insert(0, metadata.Metadata())
PartAprima.metadata.title = 'Part A^ Nice PyComposition Test'
PartAprima.metadata.composer = 'Data'
PartAprima.write('musicxml', fp='PartA^NicePyCompositionTest.xml')
pynicePARTAp =
music21.converter.parse('PartA^NicePyCompositionTest.xml')
PartAprima.show('midi')
show(pynicePARTAp)

```

Le résultat de « A^ » pour cet exemple consiste en :

Part A^ Nice PyComposition Test

The image displays a musical score for a single part, titled "Part A^ Nice PyComposition Test". The score is written on five staves of music, all in treble clef and common time (C). The first staff begins with a treble clef and a common time signature. The music consists of various note values, including quarter notes, eighth notes, and sixteenth notes, along with rests. The key signature changes from one sharp (F#) to one flat (Bb) and back to one sharp (F#). The score ends with a double bar line and repeat dots.

Figure 80 : Résultats de la Partie A^ . [Partition].

Toutes les parties sont rassemblées pour former une partition globale :

Score Nice Data PyComposition Test

The image displays a musical score for a piece titled "Score Nice Data PyComposition Test". The score is written in a single system with 24 staves, numbered 1 through 24. The notation is complex, featuring a variety of rhythmic values, accidentals, and dynamic markings. The score is divided into two main sections: the first 12 staves (1-12) are in a treble clef, and the second 12 staves (13-24) are in a bass clef. The key signature is one sharp (F#), and the time signature is common time (C). The music is characterized by intricate melodic lines and dense harmonic textures, particularly in the later staves. The score concludes with a double bar line and repeat signs.

Figure 81 : *Partition finale résultat de l'assemblage des Parties A, B, et A^.* [Partition].

Voici les dernières lignes du code qui permettent de faire le montage des parties ainsi que d'exporter les fichiers XML et MIDI :

```
#Appending PartA, PartB and PartA^ to one general score
#Avoid parts finishing with silences
ScoreNiceData2= stream.Score()
ScoreNiceData2.append([pynicePARTA, pynicePARTB1, pynicePARTB2,
pynicePARTB3, pynicePARTApp])
ScoreNiceData2.insert(0, metadata.Metadata())
ScoreNiceData2.MakeNotation = True
ScoreNiceData2.metadata.title = 'Score Nice Data PyComposition Test'
ScoreNiceData2.metadata.composer = 'Data'

ScoreNiceData2.write('musicxml',
fp='ScoreNiceDataPyCompositionTest2.xml')
ScoreNiceData2.write('midi', fp='MidiNiceDataPyCompositionTest2.mid')
pyniceTUTTI =
music21.converter.parse('ScoreNiceDataPyCompositionTest2.xml')
ScoreNiceData2.show('midi')
show(pyniceTUTTI)

#Download the score in XML format
from google.colab import files
files.download('ScoreNiceDataPyCompositionTest2.xml')
#Download the score in MIDI format
from google.colab import files
files.download('MidiNiceDataPyCompositionTest2.mid')
```

La prochaine étape à développer pour « *PyComposition* » consisterait à intégrer une interface utilisateur (UI), afin de faciliter les procédures pour ceux qui ne souhaitent pas interagir directement avec le code.

Dans le cas où l'on envisage la possibilité que les partitions soient interprétées par des musiciens, celles-ci seraient ensuite importées et quantifiées en format MIDI dans un logiciel de notation musicale, ou directement en important le fichier XML, afin d'adapter la rythmique à une version plus simple pour les musiciens, ainsi que pour enrichir la partition avec des nuances et des variations du timbre.

8.3. Le village dans la montagne

L'œuvre *Le village dans la montagne* (2022)⁴⁰⁷ a été écrite pour harpe acoustique avec un accordage microtonal fixe (Figure 82). Elle correspond avec la partie instrumentale créée pour le projet *La Symphonie de l'Environnement*. Pour la création de cette pièce, de nombreuses techniques étendues ont été utilisées, ainsi qu'un traitement sonore à l'aide d'une synthèse granulaire.

Scordatura

Pédales

E♭	F♯	G♯	A♯
B♭	C♯	D♯	

Harpe

Do#2, baisser un quart de ton	Do#3, monter un quart de ton	Do#4, monter un quart de ton	Re#5, baisser un quart de ton	Re#6, baisser un quart de ton
Re#2, baisser un quart de ton	Re#3, baisser un quart de ton	Re#4, monter un quart de ton	Mi5, baisser un quart de ton	
Mi#2, baisser un quart de ton	Mi#3, monter un quart de ton	Mi#4, monter un quart de ton	Fa#5, baisser un quart de ton	
Sol#2, monter un quart de ton	Sol#3, monter un quart de ton	Fa#4, monter un quart de ton	La#5, baisser un quart de ton	
La#2, monter un quart de ton	La#3, baisser un quart de ton	La#4, baisser un quart de ton	Si#5, baisser un quart de ton	
Si#2, monter un quart de ton	Si#3, monter un quart de ton	Si#4, baisser un quart de ton		

Figure 82 : *Scordatura de la harpe*. [Partition].

La partie électroacoustique de la pièce consiste en des textures produites par synthèse granulaire qui sont déclenchées à différents moments de l'œuvre. *Le village dans la montagne* est divisé en quatre parties intitulées : *Dans la nature*, *Le monde agricole*, *L'arrivée des machines* et *Vers le future*, suivant les mêmes lignes narratives que pour *La Symphonie de l'Environnement*, décrivant les processus traversés pendant l'histoire du village du Broc. Chacune des quatre parties était associée à une série de pré-configurations de cette synthèse, suivant des idées inspirées par ces sujets. Idéalement, la pièce est conçue pour être interprétée en direct par un musicien accompagné d'une personne qui interprète la partie électronique. De cette manière, il est possible d'obtenir une interaction entre l'interprétation de la partition qui est assez flexible en termes de rythme. Il m'a semblé approprié de mettre l'accent sur la partie humaine de l'interprétation, pour redonner un caractère vivant au modèle issu de la nature, étant donné que tout le premier processus de composition était étroitement lié à l'informatique.

La partition a été composée à partir des partitions générées par *Pycomposition*, correspondant aux métadonnées des différentes plages du temps pour chaque partie de la

⁴⁰⁷ ROMAY R. (2023). *Le village dans la montagne*. *Data based music and AI visuals*. <https://www.youtube.com/watch?v=xl-iGophsqY>

composition. Les partitions ont ensuite été transformées pour s'adapter aux images symboliques et à la technique instrumentale de la harpe. Pour rappeler les idées générales qui jalonnent l'histoire du Broc :

- La première partie correspond à un environnement naturel brut et peu habité. Cela est représenté par l'idée de l'eau coulant autour du village, telle une sorte de *leitmotiv* (Figure 83). Il se compose d'arpèges ascendants et descendants, avec des accélérations et des ralentissements, représentant le mouvement irrégulier du fluide. À la mesure 8, cela se transforme en glissandos dans le registre grave pour créer une couleur plus sombre et intégrer l'imbrication du motif des oiseaux (Figure 84) dans un registre aigu, accompagné d'appoggiatures. Ils réapparaissent de manière fragmentée aux mesures 24 et 25 et vers la fin, ils se transforment en sons harmoniques, évoquant des souvenirs d'oiseaux, à la mesure 28. La dernière section correspond à un ralentissement du mouvement de l'eau avec une réduction des intervalles (Figure 85) jusqu'à la mesure 31 où ils restent autour d'une seule note.

♩ = 90 Dans la nature

Romina S. Romay

Figure 83 : Début de la partition. Motif de l'eau, mesures 1-2. [Partition].

16 poco rit.

A tempo comme des oiseaux

main droite, avec les ongles

glissando sur les cordes

Figure 84 : Motif des oiseaux survolant l'eau, mesures 16-17 [Partition].

Figure 85 : Réduction des intervalles de l'eau, mesures 20-23. [Partition].

- La deuxième partie fait référence à l'époque rurale, durant laquelle les habitants vivaient en harmonie avec la nature et développaient l'agriculture. Cette période est symbolisée par l'utilisation de figures musicales représentant les changements de la nature, les animaux, les bruits d'outils d'artisans et de travailleurs dans les champs, ainsi que les sons liés à l'émergence du village, tels que les cloches. Les bruits du village apparaissent avec des frappes sur les cordes graves, sur lesquelles surgissent les cloches représentées par des accords parallèles. Ce mouvement se développe en direction de la caisse de résonance de la harpe jusqu'à atteindre les extrémités des doigts à la mesure 39, évoquant le bruit des sabots de chevaux (Figure 86).

Les motifs représentant la nature se transforment. Par exemple, l'eau demeure fixe, alternant comme un trille entre deux notes à la mesure 50 (comme une réduction de l'eau) (Figure 87) pour se métamorphoser, en son proche, de celui d'un xylophone à la mesure suivante. Ensuite, les chants d'oiseaux sont entrecoupés de sons percussifs dans les registres graves ascendants en quarts et quintes, entre les mesures 52 et 63, puis entre les mesures 72 et 74, où le chant des oiseaux est exécuté à l'aide d'une clé métallique aux mesures 73-74 (Figure 88). Outre le trille, l'eau apparaît de manière descendante, ce qui est finalement combiné avec les sons transformés et de type xylophone à la mesure 85.

34 $\text{♩} = 75$ Le monde agricole

Hp.

tappez sur les cordes graves avec les palmes

ppp

mf

comme des cloches

comme des chevaux

tappez sur la caisse de résonance avec le bout des doigts

vers le corps de l'instrument

ppp

mp

Accélérer et décélérer

Figure 86 : Figure des cloches, des bruits des outils au village et des chevaux, mesures 34-39. [Partition].

48 rit. A tempo

Hp.

p

pp

mf

sons xylo.

dim.

Figure 87 : Transformation des motifs de la nature, mesures 48-55. [Partition].

72

Hp.

Glissando avec une clé

mp

mp

p

Figure 88 : Motif des oiseaux avec une clé métallique, mesures 72-75. [Partition].

- La troisième partie correspond à la phase d'industrialisation de la communauté, caractérisée par l'apparition des machines et de la technologie dans la vie quotidienne. Cette période est

représentée par l'emploi des rythmes réguliers et uniformes, comme dans les machines industrielles, ce qui est contrastant avec les paysages sonores plus fluides du premier mouvement. Cette partie débute avec un ostinato (Figure 89) dans la main gauche sur lequel se superpose un motif rythmique, ascendant et descendant, de longueur durable, apparaissant fragmenté dans l'octave central et celui supérieur, pour se diriger à la mesure 90 vers le grave en revenant à la note de l'ostinato. Des accords plaqués serrés (Figure 90) dans la main droite arrêtent ce mouvement en doublant à la fois le tempo et en revenant à un rythme régulier de mouvement descendant. Cette troisième partie alterne entre ces deux tempos, l'un doublé par rapport à l'autre, sans s'arrêter, tel un mouvement perpétuel. À la fin, l'ostinato revient, diffus au milieu des glissandos des cordes (Figure 91), cette fois-ci dans le registre médium-aigu, et des glissandos de pédale (qui continueront dans la quatrième partie), pour se diriger vers le bruit à la mesure 110 avec un effet « criquet », pour ensuite s'arrêter subitement l'ostinato à la mesure 111.

Figure 89 : Début de la pièce avec un ostinato et un pattern « mécanique », mesures 87-88. [Partition].

Figure 90 : Accords qui arrêtent l'avancement « de la machine », mesures 95-99. [Partition].

108 ad lib. *pp*

mf

110 Cricket glissando

Figure 91 : *Passage vers le bruit, des glissandos et des effets « cricket », mesures 108-111.* [Partition].

- La quatrième partie correspond à l'époque contemporaine. Cette période commence avec une ambiance introspective, une sorte de questionnement sur le présent. La ligne mélodique est ornée de glissandos de pédale et se résout avec un effet de frappe subito. L'alternance des registres entre les mesures 112 et 117 représente une sorte de dialogue entre deux voix qui se répondent avec des répliques (Figure 92). Les notes graves poursuivent avec les glissandos de pédale jusqu'à la mesure 118 où les « deux voix » reproduisent la même mélodie en octaves, se séparant à la mesure 120. Le glissando de pédale se répète une autre fois, entre les mesures 121 et 122, mais maintenant accompagné d'un glissando dans le registre médium dans la main droite. À la mesure 123, on retrouve un rappel du motif ostinato de la troisième partie. Il se répète plusieurs fois, sous une variation de la ligne mélodique initiale à la mesure 125. Un glissando ascendant dans la main gauche, ramène une variation du motif rythmique du début de la partie trois (Figure 93). Le trille, apparu précédemment sur le motif de l'eau épuisée, apparaît transformé dans le registre grave au temps 130, sur lequel continue de se répéter une variation de la mélodie initiale. Ces éléments se répètent avec une intensité croissante, revenant au tempo primo avec une variation plus « lumineuse » (en termes de consonance de notes) et enfantine de l'ostinato (Figure 94), aboutissant à une série d'accords suspendus. Tout au long de son développement, la partie se construit en alternant des éléments d'effets sonores, des fragments variés des parties précédentes et des passages mélodiques légèrement enfantins au milieu du chaos, symbolisant les enfants, bâtisseurs de l'avenir, insufflant ainsi un vent d'espoir envers le futur. À la suite du passage des accords, la dernière mesure consiste en un arpège ascendant qui se termine suspendu en *bisbigliando* dans l'aigu, symbolisant un futur qui reste à imaginer et créer.

Flanger 100% jusqu'à la fin

10 *Dal niente* 11

♩ = 90 Vers le future

Figure 92 : Début de la pièce avec un dialogue composé des répliques en différents, mesures 112-117. [Partition].

Figure 93 : Réapparition du pattern rythmique du début de la troisième partie, mesures 126-127. [Partition].

Figure 94 : Transformation de l'ostinato grave dans un domaine plus ludique et enfantine, mesures 137-138. [Partition].

L'électronique accompagnant l'œuvre repose sur l'utilisation d'un patch de synthèse granulaire (Figure 95) intégrant divers « patterns » ou pré-configurations, conçu avec *Max*, ainsi que deux effets appliqués en deux mouvements (distorsion croissante pour le second mouvement, correspondant à la période de développement de l'agriculture, et *flanger* pour le troisième mouvement, relatif à l'époque actuelle). Chaque pattern (dans le patch appelés « cues ») est employé à différents moments, signalés dans la partition par un carré affichant le numéro correspondant (Figure 96). Les différentes parties de la pièce sont préenregistrées afin d'appliquer les traitements dans le patch. Chaque pattern représente une texture distincte,

composée d'une configuration propre à chacune des vitesses de lecture, de la durée du grain, de la hauteur (« *pitch* ») du grain, de la variation maximale de hauteur de chaque grain et de l'intensité de chaque texture. Cent voix différentes sont générées et réparties entre les différentes sorties, grâce à l'objet *mc.mixdown*, qui réduit le nombre de sorties au nombre désiré et à « *mc.unpack* » qui permet de les séparer pour ensuite les distribuer.

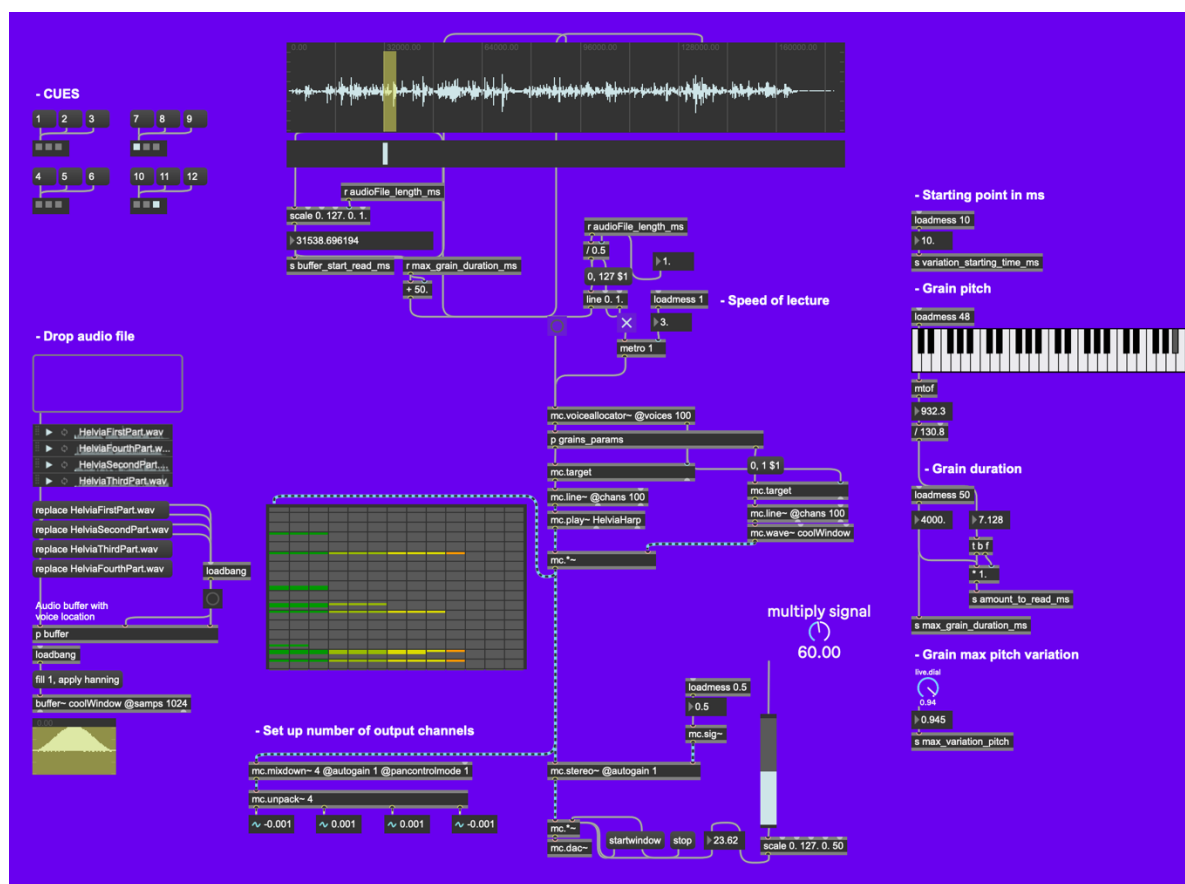


Figure 95 : Patch correspondant à la production de synthèse granulaire dans « Le village dans la montagne ». [Capture d'écran].

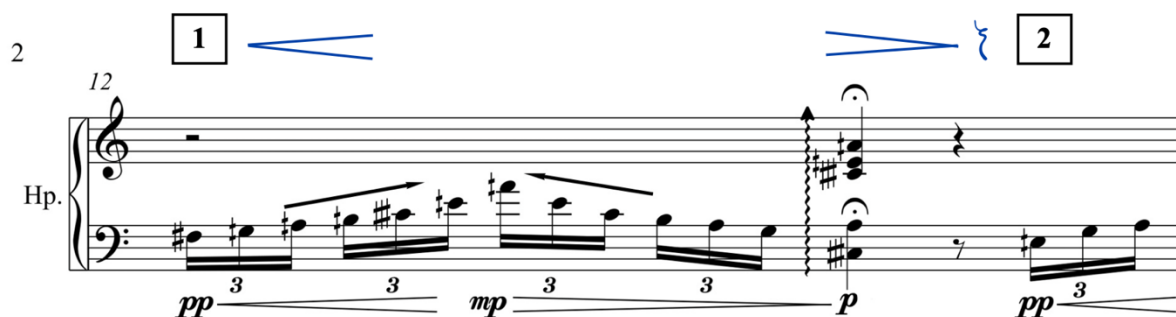


Figure 96 : Patterns numérotés pour la génération de l'électronique. [Capture d'écran].

Inspirée par le travail de Leo Scarin pour la réalisation du projet *La Symphonie de l'Environnement*, j'ai créé une série de visuels qui interpolent des images générées par intelligence artificielle, en suivant dans chaque cas le thème « programmatique » à l'origine de l'œuvre.



Figure 97 : *Anaïs de Gilles* interprète « *Le village dans la montagne* ». [Capture d'écran]⁴⁰⁸.

⁴⁰⁸ ROMAY R. (2023). *Le village dans la montagne*. *Data based music and AI visuals*.
<https://www.youtube.com/watch?v=xl-iGophsqY>

Chapitre 9 - Des données EEG à l'environnement VR

Le processus créatif, en travaillant avec des données issues d'un électroencéphalogramme (EEG), a débuté avec une installation en réalité virtuelle (VR) intitulée *La Rose et les Étoiles* (2021-2022) qui consistait à générer de la musique et à modifier les éléments d'un environnement 3D à partir de l'activité électrique du cerveau. Cette première configuration impliquait une personne portant un casque EEG, modifiant le résultat sonore par sa propre écoute (*biofeedback*) et contrôlant son état de relaxation et d'activité, tandis qu'une autre personne observait les modifications d'un environnement 3D en VR affecté par le même flux des données. Dans une seconde phase, résultat de cette expérience, une partition graphique a été créée pour être interprétée par un violoniste, un compositeur avec un casque EEG, l'électronique et le dispositif VR.

Dans la version d'installation VR, le casque EEG *Mark IV*⁴⁰⁹ d'*Open BCI* a été utilisé, ainsi que son interface logicielle *Open BCI GUI*⁴¹⁰, un patch *Max* pour traiter les données, une session *Ableton Live*⁴¹¹ pour le rendre audible avec des instruments virtuels et l'environnement *Unreal Engine 4.26*⁴¹² pour l'espace VR. Ce format repose sur des *mappings* de paramètres et des déclenchements de filtres avec la médiation des conditionnels. Dans la deuxième version multimédia, un violoniste et le rôle de narrateur du compositeur ont été ajoutés au dispositif, avec le texte *Flores hechas de cielo / Flowers made out of sky* (2021) réalisé par Ana Maria Hernando. Un nouveau patch avec *Max* a été réalisé pour transformer l'activité des ondes cérébrales en ondes sonores, en utilisant des oscillateurs, combiné avec l'utilisation de *Wekinator*, un logiciel basé sur l'apprentissage automatique (*machine learning*) créé par Rebecca Fiebrink⁴¹³. Celui-ci a été incorporé pour enregistrer des modèles d'états d'activité cérébrale lors de différentes activités réalisées. Cela a été inspiré par un travail d'exploration de différents types de synthèse⁴¹⁴ à partir du geste réalisé avec Jean-François Trubert et initialement avec Diane Lingrand, Lucile Sassatelli pour la conférence *Drôle d'objets*, qui a eu

⁴⁰⁹ Ultracortex « Mark IV » EEG Headset. (2023). *OpenBCI Online Store*. Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://shop.openbci.com/products/ultracortex-mark-iv>

⁴¹⁰ *OpenBCI | Downloads*. (2022). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://openbci.com/downloads>

⁴¹¹ *Ableton Live | Ableton*. (s. d.). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://www.ableton.com/fr/live/what-is-live/>

⁴¹² *Unreal Engine 4.26 released! - Unreal Engine*. (2020). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/unreal-engine-4-26-released>

⁴¹³ *Wekinator | Software for real-time, interactive machine learning*. (s. d.). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <http://www.wekinator.org/>

⁴¹⁴ ROMAY R. (2023). *Gesture recognition and experiments with multiple synthesis. Fluid and discontinuous corpus*. <https://www.youtube.com/watch?v=rmXxSUxX-B8>

lieu en octobre 2021 à la Rochelle, en France⁴¹⁵. L'un des synthétiseurs utilisait la reconnaissance de gestes avec la librairie de *FluCoMa*⁴¹⁶ à l'intérieur de *Max* et avec le logiciel *Glover* de *MIMU*⁴¹⁷, dans les deux cas, à partir des données provenant de *Leap Motion*⁴¹⁸. Cette version ajoute la reconnaissance des modèles pour réguler la paramétrisation de la synthèse. Dans une dernière étape, une version en ligne de l'installation VR, uniquement sonore, a été mise en place sur *JSPatcher*, permettant l'envoi des données vers le Web pour entendre une interprétation de ce flux.

Ce projet s'inspire de la pièce *Music for Solo Performer*, créée par le compositeur américain Alvin Lucier en 1965⁴¹⁹, réalisée avec la collaboration du scientifique Edmond Dewan, et de John Cage⁴²⁰ pour sa première présentation. Un interprète est assis sur une chaise (Alvin Lucier lui-même dans la première) et porte un ensemble d'électrodes EEG fixées sur sa tête. Les ondes cérébrales *alpha* du performeur sont ensuite amplifiées et envoyées à une série de haut-parleurs situés dans l'espace de représentation, qui sont ensuite utilisés pour faire vibrer divers instruments de percussion. L'interprète n'est pas tenu de jouer un instrument mais de produire une musique dans un état de « non-intention »⁴²¹.

Ces explorations concernant la reconnaissance des modèles, représentent à la fois le point d'arrivée de cette thèse et le point de départ pour de nouvelles perspectives dans les projets à venir, en intégrant l'intelligence artificielle dans la reconnaissance des modèles, et voir aussi de la génération créée grâce à des techniques d'IA. Le but étant de produire de la musique et des réalisations multimédia immersives, à partir de modèles préconçus basés sur des motifs réels (tels que ceux observés dans la nature) en interaction avec des dispositifs de réalité étendue, avec la participation des musiciens et du public.

⁴¹⁵ ROMAY, R., TRUBERT, J.-F., LINGRAND, D., & SASSATELLI, L. (2021). *Interaction guidée par machine learning pour la composition musicale gestuelle d'objets sonores non-conventionnels. Drôles d'objets : un nouvel art de faire*. <https://hal.science/hal-03618770>

⁴¹⁶ *Fluid Manipulation Toolkit*. (s. d.). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://www.flucoma.org/download>

⁴¹⁷ *MiMU — Music Through Movement*. (s. d.). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse https://mimugloves.com/documentation/leap_motion/

⁴¹⁸ *Tracking | Leap Motion Controller | Ultraleap*. (s. d.). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://www.ultraleap.com/product/leap-motion-controller/>

⁴¹⁹ *Music for solo performer | IDIS*. (2023). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://proyctoidis.org/music-for-solo-performer/>

⁴²⁰ *Alvin Lucier on a Lifetime of Experiments | Red Bull Music Academy* (2017). Consulté 217 avril 2023, à l'adresse https://www.youtube.com/watch?v=v-Pnb_ZE7Hs&t=1489s

⁴²¹ *NO IDEAS BUT IN THINGS - The Composer Alvin Lucier—Music for Solo Performer*. (s. d.). Consulté 25 avril 2023, à l'adresse http://www.alvin-lucier-film.com/solo_performer.html

9.1. La Rose et les Étoiles

La Rose et les étoiles (2021-2022) a été conçue comme une expérience à la fois auditive et visuelle, reliée à un flux de données provenant d'un électroencéphalogramme à huit canaux. L'objectif était de transcoder ce flux de données en un langage audiovisuel, permettant une rétroaction entre la perception et la modification de l'état interne de l'individu grâce à l'expérience elle-même. Le démarrage de ce projet a été facilité par le *XR²C² Extended Reality and Research Center*, de l'Université Côte d'Azur⁴²².



Figure 98 : Préparation du dispositif Mark IV. [Photographies].

Le système de captation utilisé était un casque EEG *Mark IV* de *OpenBCI* (Figure 98), composé d'une série d'électrodes *dry EEG Comb*, connectées à un circuit *Cyton*⁴²³. Les huit électrodes connectées (avec un maximum possible de 16 canaux à connecter) correspondaient aux canaux *Fp1* (canal 1), *Fp2* (canal 2), *C3* (canal 3), *C4* (canal 4), *P7* (canal 5), *P8* (canal 6), *O1* (canal 7) et *O2* (canal 8) (Figure 99).

⁴²² *Extended Reality Research and Creative Center XR²C²*. Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://xr2c2.univ-cotedazur.fr/>

⁴²³ *Cyton Board | OpenBCI Documentation*. (2021). <https://openbci.github.io/Cyton/CytonLanding/>

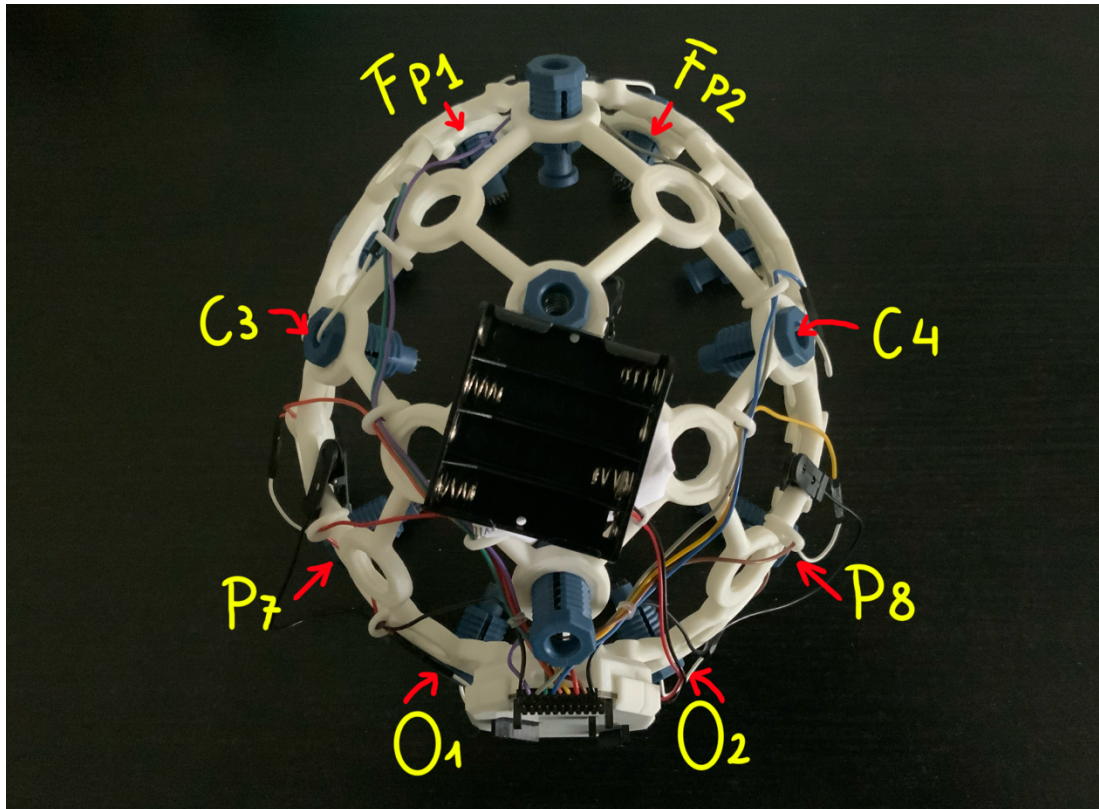


Figure 99 : Position des électrodes dans les canaux du dispositif Mark IV⁴²⁴. [Photographie].

Les informations étaient transmises à un *dongle* (un récepteur) connecté au port USB de l'ordinateur, puis récupérées dans l'« *Open BCI GUI* ». L'interface permet d'établir un réseau via *OSC*, *UDP*, *LSL* ou série. Dans notre cas, le protocole de transmission *OSC* (*Open Sound Control*) a été utilisé pour transmettre des données à *Max* (Figure 114), et de celui-ci à *Ableton Live* et *Unreal Engine*. Les données correspondant aux métadonnées *Time Series*, représentant l'activité cérébrale de chaque canal à travers le temps, *Band Power*, représentant les valeurs de puissance des bandes de fréquences *Delta* (0.5-4 Hz), *Thêta* (4-8 Hz), *Alpha* (8-12 Hz), *Bêta* (12-30 Hz), and *Gamma* (30-100 Hz) pour chaque canal, *Focus*, offrant des valeurs de 1 ou 0 selon l'état de concentration ou de déconcentration, et l'accéléromètre, correspondant aux valeurs de x, y, z ont été utilisées.

⁴²⁴ *Ultracortex Mark IV | OpenBCI Documentation*. (2022). Consulté 16 avril 2023 à l'adresse <https://openbci.github.io/AddOns/Headwear/MarkIV/>

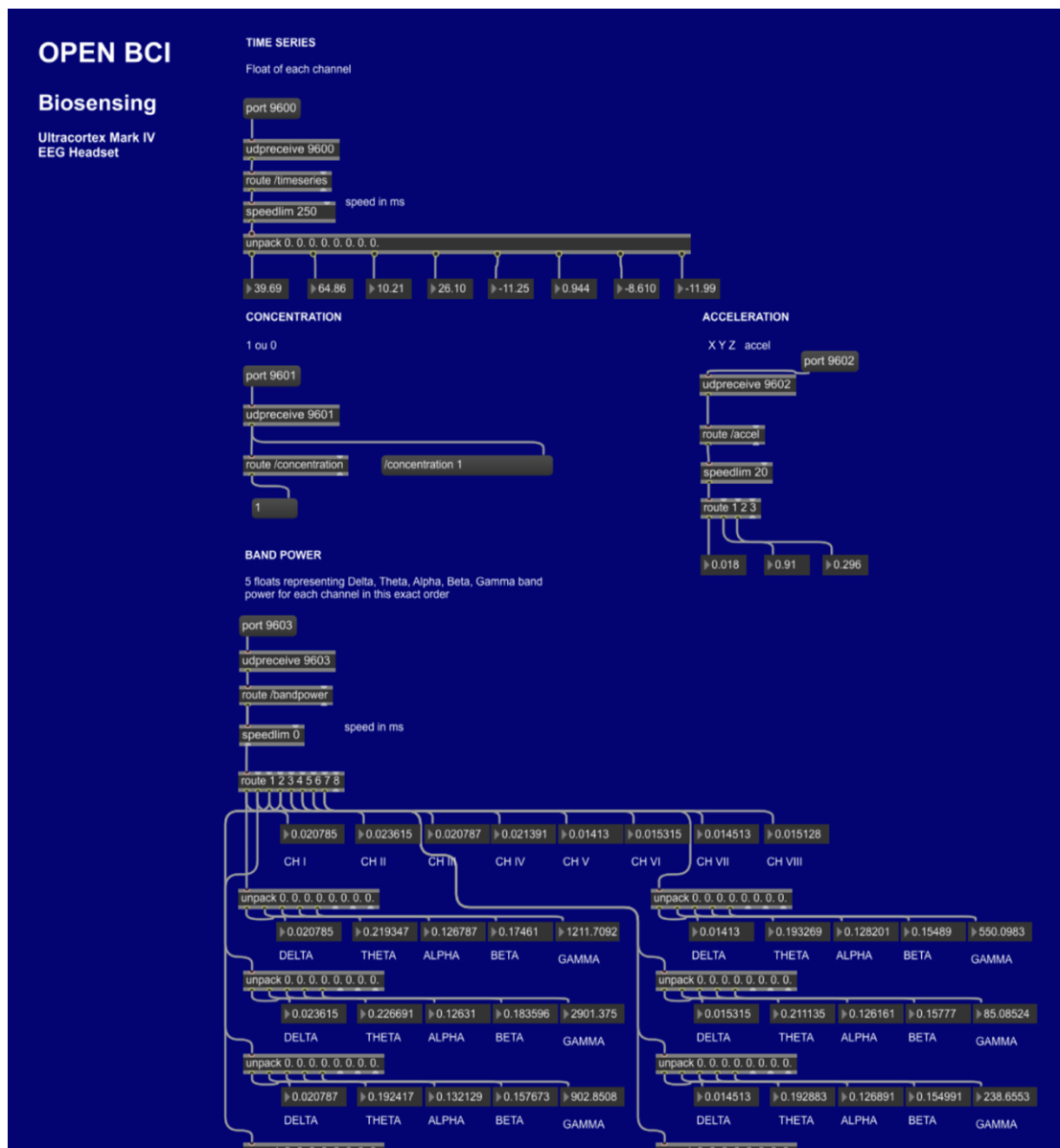


Figure 100 : Réception des données venant du logiciel Open BCI GUI, dans Max. [Capture d'écran].

Le patch réalisé avec Max (Figure 100) consiste en une série de mappings, pouvant être regroupés en trois groupes :

- Un mapping entre les valeurs des *Time Series* 1, 4 et 5, pour attribuer ces métadonnées à la production de notes MIDI, en tant que valeurs de hauteur, de durée et d'intensité (le contenu du cadre rose dans la Figure 101).
- Une détection de pics dans les valeurs des *Time Series* 2 et 3 et de la *Band Power* *thêta*, pour déclencher deux sons percussifs distincts et pour filtrer (on-off) le transcodage des *Time Series* 2, 3, 6 et 7, et des *Band Powers* *Thêta* et *Alpha* (partie centrale, en lilas, de la Figure 101).
- Et une troisième partie qui effectue un mapping des paramètres mentionnés précédemment, ainsi que l'état de « concentration » détecté par l'interface *Open BCI GUI* et transmet ces valeurs

via une adresse par OSC, à Unreal Engine où ces données et métadonnées structurées seront reçues dans un *Blueprint* (un système de création visuelle de scripts ; voir Figure 101) à travers la création d'un *OSCServer* et de la paramétrisation conséquente avec les différents objets à modifier dans l'environnement VR. Ci-dessous, une capture d'écran du patch :

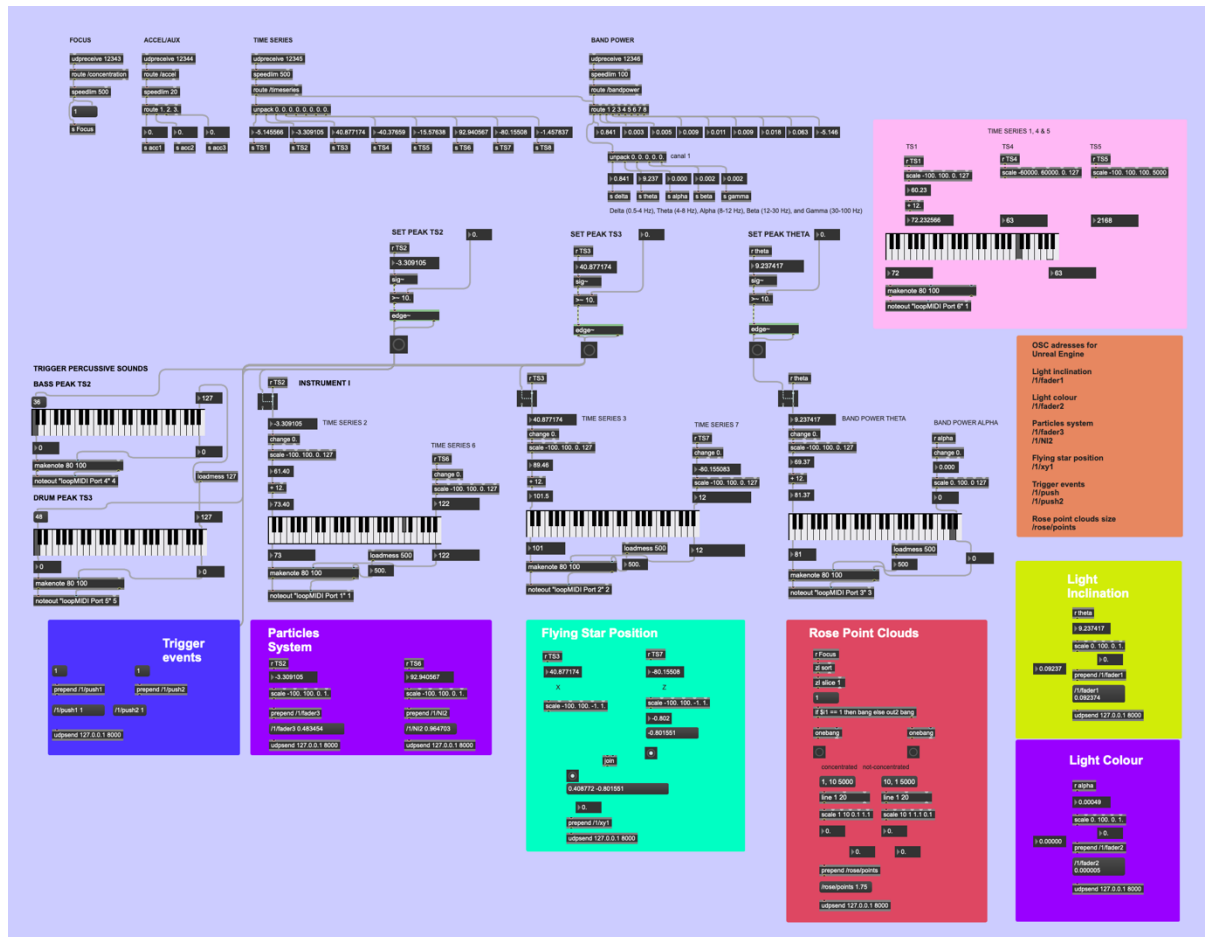


Figure 101 : Patch Max correspondant à « La Rose et les Étoiles ». [Capture d'écran].

Les paramètres choisis consistent en : la position du soleil et par conséquent de l'inclinaison de la lumière dans l'environnement (ondes *Thêta*), la couleur de la lumière (ondes *Alpha*), la taille croissante et décroissante des « nuages de points » d'une rose (état de concentration ou *Focus*), la position d'une étoile dans le ciel déterminant sa position (*Time Series* 3 et 7), le niveau de bruit appliqué à un système de particules (*Time Series* 2 et 6) et le déclenchement de systèmes de particules (on-off, via les pics analysés pour la synthèse de sons

; avec les valeurs des « *Time Series* » 2 et 3). Quelques images (Figure 102) du début de cette configuration peuvent être observées dans le lien en bas de page⁴²⁵.

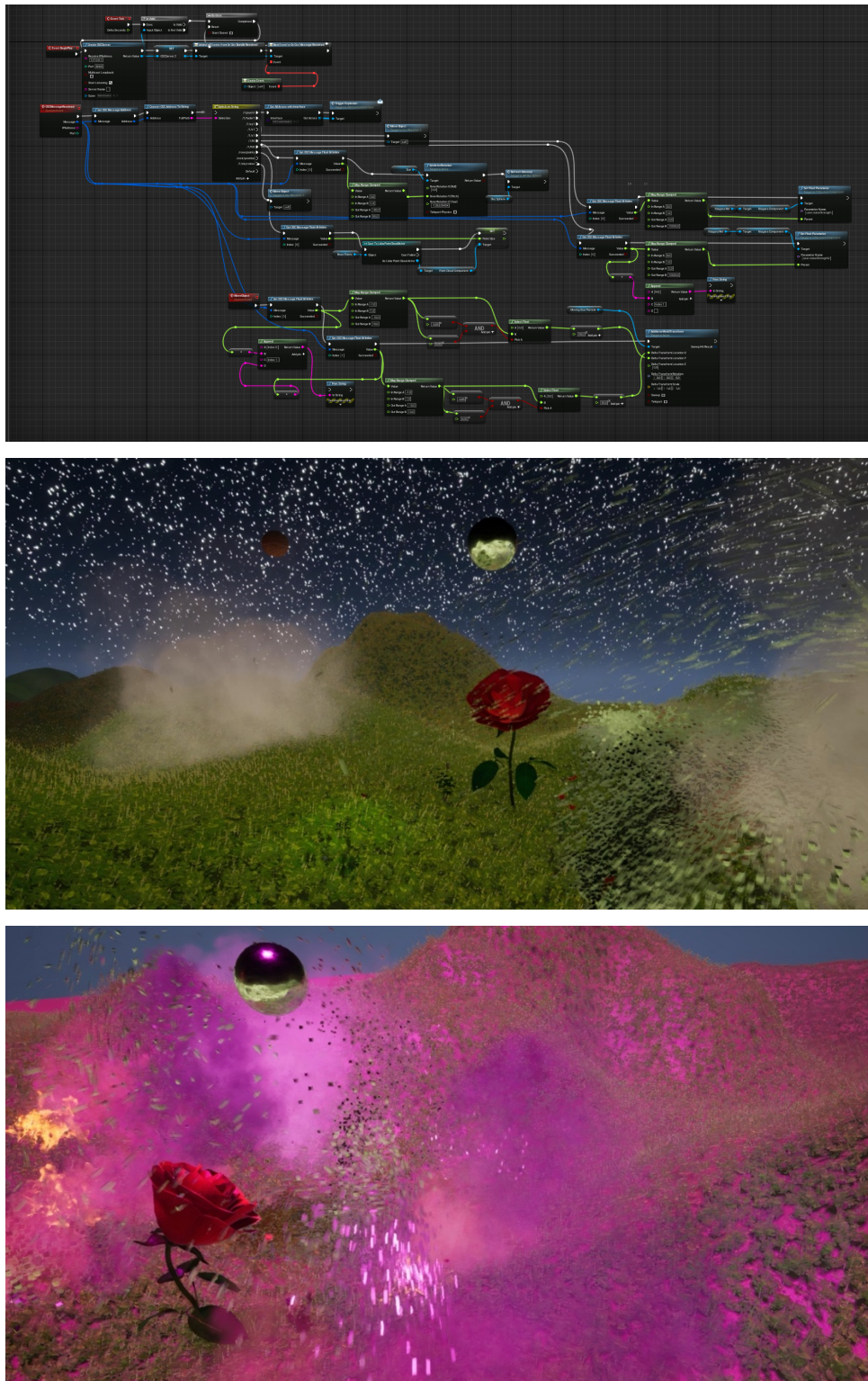


Figure 102 : Configuration du Blueprint Osc, et de l'environnement VR de " La Rose et les Étoiles ", dans Unreal Engine. [Captures d'écran].

⁴²⁵ ROMAY, R. (2021). *Connexion OSC Max Msp Unreal Engine / Démonstration*. Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=7LoHxJ9X0wk>

Les expériences ont été développées en utilisant initialement un casque VR *Oculus Rift* avec une configuration statique (« *stationary* »), c'est-à-dire sans déplacement réel dans l'espace, puis *Oculus Quest*, sans fil, avec une configuration « *roomscale* », permettant le déplacement dans l'espace réel. Les expériences menées séparément avec le casque VR et le système EEG voient leur union dans le dispositif récemment créé par *OpenBCI*, « *Galea* », un capteur réseau multimodal qui intègre ces deux fonctionnalités en un seul élément. Une combinaison du casque *Varjo Aero* ou *Varjo XR-3*, avec les capacités de mesure de l'activité cardiaque, cutanée, musculaire, oculaire et cérébrale⁴²⁶.

9.2. *Flores hechas de cielo / Flowers made out of sky*

La prochaine étape de ce processus créatif avec des données EEG découle d'une rencontre avec l'artiste multidisciplinaire Ana María Hernando⁴²⁷, originaire d'Argentine et basée au Colorado, à partir de son œuvre *Flores hechas de cielo/Flowers made out of sky* (2022)⁴²⁸. À la suite d'un premier rapprochement lors de la participation commune à l'événement d'inauguration du collectif *Alive ! Art, Créativité et Changement Climatique* en 2020⁴²⁹ au Château de la Napoule, en France, nous nous sommes réunies à nouveau pour réaliser une bande sonore à diffuser lors de l'exposition intitulée *Fervor* (2021-2022) d'Ana María Hernando aux Jardins Botaniques de Denver⁴³⁰.

Cette production sonore a été réalisée sous la forme d'une « performance télématique » ou « performance musicale en réseau »⁴³¹ dans le cadre du projet *Dreaming Fields of Action*, en collaboration avec l'ensemble SPIIC et le *Innovationslabor / Stage_2.0* (notamment avec l'aide de Jacob Sello) de la *Hochschule für Musik und Theater* de Hambourg, de l'Université Côte d'Azur et le Conservatoire de Musique de Nice. Cette production en réseau a été rendue

⁴²⁶ *OpenBCI, Galea. Online Store* (2023). Consulté 18 avril 2023, à l'adresse

<https://shop.openbci.com/products/galea>

⁴²⁷ *Ana María Hernando Art : Sculptural installations, paintings, prints*. Consulté 18 avril 2023, à l'adresse

<https://www.anamariahernando.com>

⁴²⁸ ROMAY R. (2023). *Flowers Made out of Sky* ; violin, VR & EEG composer.

<https://www.youtube.com/watch?v=rxAMD7otgBE>

⁴²⁹ *Events—Alive ! (2020)*. Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://aliveartclimate.org/index.php/events/>

⁴³⁰ THE DENVER POST (2021). *Ana María Hernando celebrates female power in nature at new Denver Botanic Gardens exhibit*. Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://www.denverpost.com/2021/11/08/denver-botanic-gardens-ana-maria-hernando-fervor/>

⁴³¹ *Welcome to JackTrip*. (s. d.). Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://jacktrip.github.io/jacktrip/index.html>

possible grâce à l'utilisation du dispositif *Jacktrip*⁴³², développé par l'Université Stanford. Il s'agit d'un système de performance audio en réseau sur Internet, avec une haute qualité sonore et une faible latence. Nous avons utilisé la version adaptée à *Raspberry Pi*, qui a permis de « connecter » la musique entre trois parties différentes du monde (Denver, Nice et Hambourg) avec un petit circuit (sans besoin d'ordinateur) comportant une entrée et une sortie audio. La musique réalisée pour *Fervor* consistait en une série d'improvisations guidées par les textes de l'artiste, récités par elle lors de la performance (Ana Maria étant à Denver⁴³³), accompagnés par les musiciens de l'ensemble à Nice et de l'ensemble à Hambourg. Les trois poèmes écrits par Ana Maria, intitulés *Wood Thrush*, *Mourning dove* et *Bobolink*, font partie de la série de travaux *Écoutons* de l'artiste. Le résultat a été enregistré et diffusé en quadriphonie lors de l'exposition à Denver. Ana Maria s'est inspirée du comportement des oiseaux pour aborder poétiquement des sujets liés à la nature, au territoire, aux frontières entre les pays et aux problématiques écologiques, en inspirant par sa voix, par son travail et sa vision, la musique.

Suite à ces expériences et compte tenu de la coïncidence selon laquelle Ana Maria écrivait le poème *Flores hechas de cielo/ Flowers made out of sky* pendant que je préparais *La Rose et les Étoiles*, j'ai décidé d'expérimenter, en combinant ce qui avait été préparé jusqu'alors pour l'installation VR, avec l'intervention d'un musicien utilisant un instrument acoustique pour dialoguer à partir d'une série d'indications sous forme de partition graphique, avec une production de sons grâce au patch de *Max*. De plus, j'ai décidé d'essayer une autre approche pour le traitement des données et pour la temporalité du développement des événements. Voici le texte écrit pour A. M. Hernando :

Flores hechas de cielo

De Ana María Hernando

Engrosándose en el barro, robusto de negruras húmedas,

flores con vocación de estrella,

se anticipan agolpadas bajo el musgo angelical.

Estallarán, generosas, en incontenida lujuria celestial.

Traen con ellas ráfagas del universo.

Cuando se abran,

⁴³² *JackTrip*. (s. d.). Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://ccrma.stanford.edu/software/jacktrip/>

⁴³³ *Fervor Ana María Hernando with Dreaming Fields of Action*. Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=9VH1TvQzGt4>

*El cielo, enamorado,
Querrá besar la tierra.
El cielo, encendido,
caerá en rocío⁴³⁴.*

J'ai attribué les métadonnées structurelles correspondant aux cinq « *Band power* », *Delta*, *Thêta*, *Alpha*, *Bêta* et *Gamma*, correspondant à chacun des huit canaux, à un oscillateur différent. Ondes sinusoïdales pour les ondes *Delta* et *Alpha* ; ondes en dents de scie pour les ondes *thêta*, ondes triangulaires pour les ondes *Bêta*, et ondes carrées pour les ondes *Gamma*. J'ai intégré l'interprétation du texte d'Ana Maria pour guider l'écoute de chacun de ces mappings, en cohérence avec une série d'états du compositeur ou de l'interprète qui, dans *Music for solo performer*, équivaldrait à Alvin Lucier lors de sa première. Une série d'actions sont ainsi indiquées, avec une catégorie d'ondes associées à chaque état d'activité, qui consiste à : commencer les yeux fermés (attribué aux ondes Alpha), ouvrir les yeux et prêter attention à l'environnement (attribué aux ondes Bêta), interpréter le premier paragraphe du poème (attribué aux ondes Gamma), effectuer des mouvements corporels (attribué aux ondes Bêta), réciter le deuxième paragraphe du texte (attribué aux ondes Thêta), et enfin se détendre progressivement (attribué aux ondes *Delta*).

Ensuite, l'interface *Wekinator* (Figure 103), basée sur l'apprentissage automatique (*machine learning*) et développée par Rebecca Fiebrink, a été intégrée pour capturer différents échantillons de chaque état de l'activité cérébrale, afin de créer un modèle partiellement identifiable pour chaque catégorie. Plus il y a d'échantillons enregistrés correspondant à chaque modèle, plus la précision de l'identification du modèle est élevée.

⁴³⁴ Des fleurs faites de ciel. Par Ana María Hernando

S'épaississant dans la boue, robuste de noirceur humide,
des fleurs à la vocation d'étoile,
s'annoncent entassées sous la mousse angélique.
Elles éclateront, généreuses, dans une luxure céleste incontrôlable.
Elles apportent avec elles des rafales d'univers.

Quand ils s'ouvrent,
le ciel, amoureux,
voudra embrasser la terre.
Le ciel, en feu,
tombera dans la rosée.

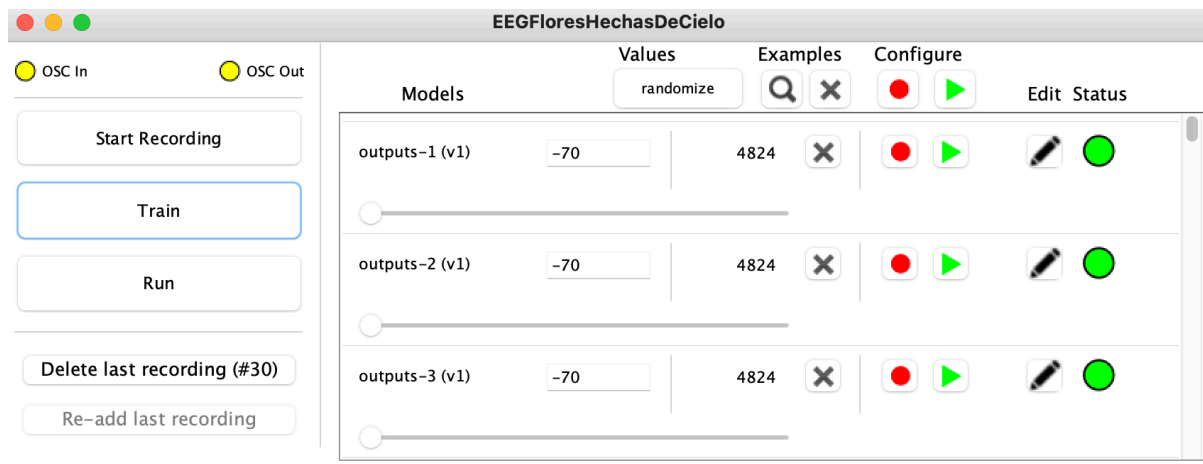


Figure 103 : Production de modèles dans Wekinator. [Capture d'écran].

Une communication *OSC In* est établie en déterminant un nombre d'entrées, ainsi qu'un canal *OSC Out*, en déterminant le nombre de sorties. La procédure consiste à déterminer la configuration souhaitée dans l'ensemble des valeurs de sortie, puis à enregistrer les données provenant de l'ensemble des données d'entrée, associées à cette configuration de sortie. Plusieurs enregistrements sont effectués, puis la procédure est répétée pour chaque configuration souhaitée de sortie. Dans notre cas, 40 entrées ont été utilisées, correspondant au flux de données des 5 bandes de fréquence pour chacun des 8 canaux de l'EEG *Mark IV*, et 40 sorties, attribuées au gain de chaque oscillateur correspondant à ces paramètres, à l'intérieur du patch (Figure 104). Une fois la prise d'échantillons terminée, l'entraînement pour établir les modèles (« *train* » dans *Wekinator*) commence. Les modèles résultants peuvent être sauvegardés et continuer à être entraînés avec plus d'échantillons ultérieurement.

Une fois les modèles produits, on exécute la commande « *Run* » en *Wekinator*, à partir de laquelle, l'interface commence à « écouter » les données via le canal *OSC In*, sur la base desquelles *Wekinator* déterminera leur degré de proximité avec les modèles précédemment créés. Dans notre cas, cela va résulter en une réception des données ultérieurement dans *Max* et produire des versions hybrides des valeurs du set de « *outputs* », ce qui, compte tenu de la configuration réalisée, correspondra à un mixage des différents *gains* des différents oscillateurs. L'aspect intéressant de l'incorporation de cette approche, qui est un point central dans cette étude après l'expérimentation avec une diversité de modèles, est qu'au lieu de se concentrer sur un *mapping* connecté à un seul « modèle », on effectue un *mapping* sur une multiplicité de modèles qui forment à la fois un modèle avec l'apprentissage automatique, résultant en des configurations intermédiaires, transitoires, qui apportent une plus grande irrégularité et donc plasticité au résultat transcodé. Ce qui est potentiellement intéressant, c'est

de combiner les deux approches, générant des degrés de stabilité et d'instabilité. Ainsi, au lieu de se baser sur un seul modèle, on se base sur toute une série de modèles possibles existant dans la réalité, par le biais d'une interprétation des caractéristiques identifiables dans le groupe de métadonnées analysées. Le résultat sonore de cette première expérience combinant les deux types d'approche se trouve dans la vidéo en bas de page⁴³⁵.

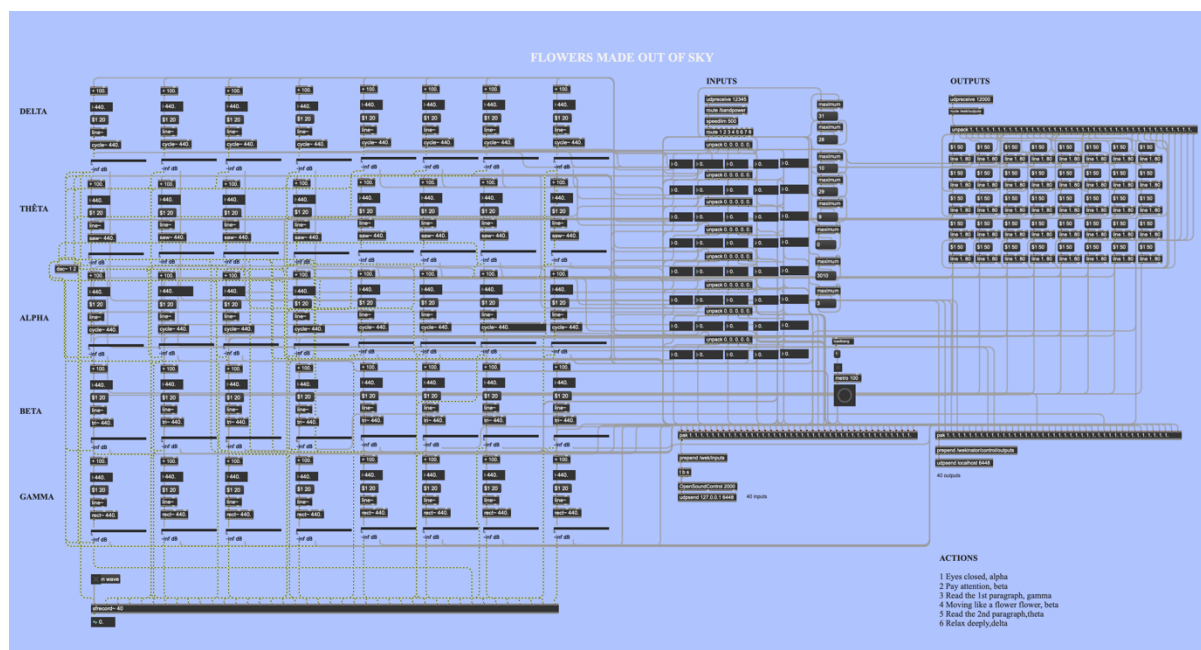


Figure 104 : Patch correspondant à « Flores hechas de cielo / Flowers made out of sky ». [Capture d'écran].

Une expérimentation a également été menée avec le violoniste Alexandru Semeniuc (Figure 106), réalisant une improvisation guidée, cherchant à analyser le potentiel de combiner la génération de musique par le contrôle mental avec la génération de musique par le contrôle de l'élaboration de matériaux sonores faisant appel aux aspects cognitifs et gestuels de « musicalité ». Cela s'est transformé en la réalisation de *Flores hechas de cielo / Flowers made out of sky* (2023)⁴³⁶, pour violon, VR, et EEG composer.

Les actions indiquées pour le compositeur/performeur sont accompagnées d'instructions pour le violoniste à travers une notation graphique (Figure 105) représentant différents types de sons (harmoniques, *ord.*, *pizzicato*, *sul ponticello*), les inflexions mélodiques et les changements de dynamique. Les paramètres prédéfinis dans *Max*, associés à

⁴³⁵ ROMAY, R. (2023). *EEG music*. Consulté 27 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=G11EF9eohnc>

⁴³⁶ ROMAY R. (2023). *Flowers Made out of Sky* ; violin, VR & EEG composer. <https://www.youtube.com/watch?v=rxAMD7otgBE>

différentes ondes dans chaque cas, ainsi qu'à la gestion des paramètres par des modèles d'apprentissage automatique, sont activés dans chacune des parties, correspondant à : yeux fermés, prêter attention (minute 1'25"), lire le premier paragraphe du poème (2'26"), bouger « comme une fleur » (3'33"), lire le deuxième paragraphe du poème (6'09") et se détendre (à partir de 8'09"). Il est évident que la structure générale est un mouvement de crescendo et decrescendo, avec une plus grande variation et amplitude dans le flux de données lorsqu'il y a un mouvement corporel, un peu moins lors de la lecture du texte et moins encore lorsque la personne est en état de relaxation et les yeux fermés.

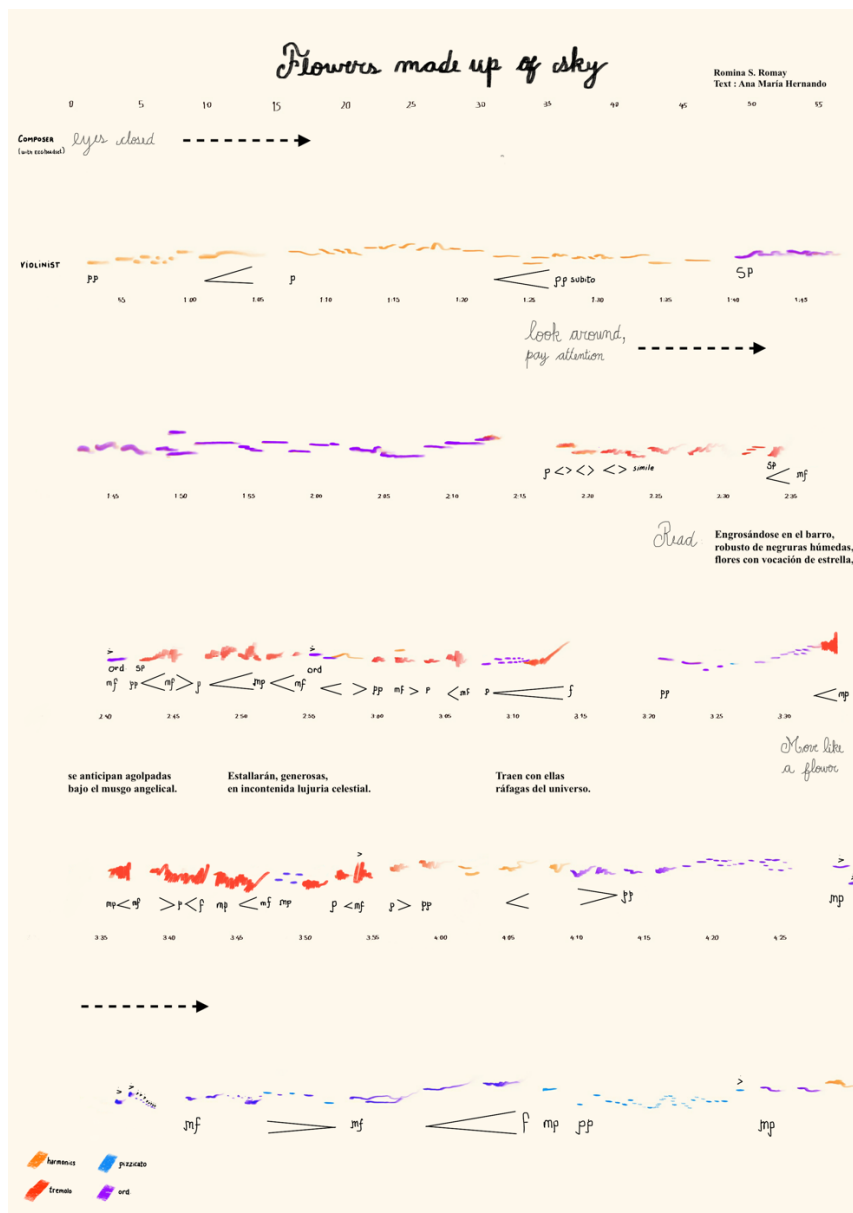


Figure 106 : Première page de "Flowers made up of sky". [Partition graphique].

Le résultat peut être observé dans la vidéo en bas de page, avec l'intégration de tous ces éléments : le flux de sons des oscillateurs, du violon, le texte, la captation EEG, ainsi que l'environnement VR en arrière-plan⁴³⁷.



Figure 107 : Alexandru Semeniuc interprète “*Flores hechas de cielo/Flowers made out of sky*”. [Capture d’écran].

9.3. Perspectives futures

À partir de ces expériences, des projections futures se profilent pour explorer de nouveaux chemins dans les prochains travaux. À court terme, nous travaillons en collaboration avec Shihong Ren sur une version en ligne du dispositif créé pour *La Rose et les Étoiles* dans l’environnement de *JSPatcher*. En tirant parti des possibilités de mise en réseau d’*OpenBCI*

⁴³⁷ ROMAY R. (2023). *Flowers Made out of Sky* ; violin, VR & EEG composer. <https://www.youtube.com/watch?v=rxAMD7otgBE>

GUI, ainsi que de l'incorporation de la transformation d'UDP en *Websocket* pour transmettre les données sur le Web, il sera possible à partir de cet espace Web de réaliser une expérience similaire d'écoute de cette interprétation des données EEG, à condition de disposer d'un système EEG. Les utilisateurs pourront interagir avec l'installation en temps réel en voyant leurs ondes cérébrales traduites en stimuli visuels et auditifs sur le site web⁴³⁸.

Un autre chemin à explorer est celui de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans l'apprentissage des modèles. Ceci en tant qu'outil de classification, et comme conséquence de l'application de *mappings*, de contrôle des paramètres musicaux, comme nous l'avons vu dans le cas de Flores hechas de cielo / *Flowers made up of Sky* et en tant qu'outil de synthèse à partir de modèles, qui est la prochaine étape à réaliser. Compte tenu des expériences, des processus créatifs et des créations présentées dans cette étude, nous pouvons imaginer une transition d'un champ harmonique d'un bégonia à celui d'un jasmin (de manière plus fluide qu'une transition linéaire entre deux ensembles de valeurs) ou créer un hybride entre le rythme des variations météorologiques de Nouveau-Mexique et celui de New Delhi ou encore produire des formes musicales qui « résonnent » avec des états cognitifs particuliers, suscitant ainsi des affects ou des dispositions comportementales (une version renouvelée de la *Affektenlehre*, la doctrine des affects/passions de la période baroque). Cela implique le développement de méthodes plus sophistiquées pour obtenir des ensembles de données de la réalité, en passant d'une singularité comme dans les cas étudiés, à la multiplicité des modèles. Un autre aspect qui personnellement me semble intéressant est l'esthétique résultante, en tant que superposition d'états et de versions de la réalité possibles, construits à partir des caractéristiques identifiées comme étant essentielles pour définir cette forme, générant un flux d'états hybrides. Ce développement est remarquable dans le domaine de l'image et du traitement du texte et sera très certainement et bientôt le cas pour la musique dans un avenir très proche.

Enfin, et non moins important en tant que perspective future de développement, se trouve le travail qui s'ouvre autour de l'immersion dans la composition et l'interprétation de la musique ; en faisant référence principalement à la participation du public, ainsi qu'à l'utilisation de technologies pour plonger le spectateur dans l'œuvre, avec pour objectif d'ouvrir l'espace et d'approfondir l'interaction en tant que catégorie supplémentaire dans le processus de composition. Cela serait en concordance avec la vision « panoptique » que nous offrent les réseaux. Dans le « jardin virtuel » d'Internet, avec ses multiples connexions et sa vaste diversité, nous pouvons « cultiver » de nouvelles connaissances et compétences, « explorer »

⁴³⁸ ROMAY R. (2023). *OpenBCI data sur JSPatcher*. <https://www.youtube.com/watch?v=K66u9oaXn6s>

différentes cultures et « fleurir » dans nos productions, constructions, relations personnelles et professionnelles. De ce contexte découle la nécessité pour la société de faire partie de la construction culturelle également dans le monde réel, la créativité étant quelque chose d'essentiel et inné à chaque personne, qui se développe et est stimulé par l'expérience même. En même temps que l'aspect « écologique » de l'immersion, qui implique de réveiller nos oreilles à notre environnement et d'ouvrir notre regard à « 360° », l'aspect participatif implique de faire partie de l'acte créatif, qui est, comme nous l'avons vu chez les peuples autochtones, un outil de construction de l'identité et d'établissement de liens sociaux.

En ce qui concerne l'aspect technologique, il reste à dématérialiser et à alléger les dispositifs de XR, de manière à pouvoir imaginer, par exemple, des orchestres augmentés et des expériences personnalisées, en superposant ces dimensions « virtuelles » comme une couche dans la structure multimédia, ou en permettant de pénétrer dans l'œuvre. Cela se traduit pour la composition en tant que perspective par le développement d'une écriture « étendue », adaptée à la combinaison de l'interprétation instrumentale et vocale avec des processus participatifs, interactifs, de spatialisation et de réalités étendues.

Conclusion de la deuxième partie

Cette thèse étudie différents processus créatifs de la composition de données, encadrés dans un contexte post-numérique, utilisant le traitement de métadonnées en tant que structurants qualitatifs du discours musical, des données en tant que variables quantitatives, en trouvant dans le langage microtonal un outil pour transcoder ces formes en musique, inspiré par des formes musicales de peuples autochtones où la microtonalité apporte une identité sonore inspirée par la mimésis avec la nature. Le parcours effectué nous a conduit à nous diriger dans le cadre de cette étude vers la notion de modèle et à interroger, à travers ce concept, les notions essentielles qui définissent la composition musicale aujourd'hui. Il nous a également conduit à explorer les relations entre art et technologie en explorant la composition d'interactions, en tant qu'élément central dans le traitement des données, nous menant à différents *mappings* et constructions logistiques qui expriment une intention compositionnelle. Étant donné que le code est un langage multimodal, ces travaux nous ont conduit au développement d'une série de « variations » de composition à partir de la même source de données explorées, nous conduisant à la fin de la thèse à entrevoir des perspectives futures grâce à l'utilisation de techniques d'intelligence artificielle pour passer d'un modèle de singularité à la multiplicité de modèles, analysés et reconstruits en tant que corpus de caractéristiques qui définissent la même catégorie de modèles. Cela permet également des versions de « *mappings* » dynamiques et hybrides, qui contrôlent la paramétrisation des données, ainsi que la génération de formes musicales à partir de modèles musicaux et « extra » ou « trans » musicaux.

De manière notable, dans ces démarches, des questionnements émergent concernant le rôle du compositeur dans l'utilisation de ces techniques. Cependant, cela résulte de l'association de termes tels que la sonification, qui est un mappage de données avec des valeurs des caractéristiques sonores utilisées dans la science, comme dans le cas des visualisations, pour étudier des données de manière audible. C'est pourquoi il me semble plus approprié d'utiliser le terme de « musification » pour décrire la procédure présentée dans cette étude, dont l'objectif est de produire une création artistique musicale et par conséquent, implique un autre niveau d'intervention dans le traitement de ces données. Le *mapping* qu'effectue un compositeur entre une série de Fibonacci et une série de durées

musicales, entre une série de lettres pour élaborer une mélodie ou l'utilisation de matrices pour générer les matériaux rythmiques, mélodiques et d'intensité de la musique ou encore le spectre d'un son comme référence pour reconstruire, déformer et déconstruire le modèle, repose sur le même processus de composition abordé dans la « musification ». Dans ce cas, les données, telles que des flux de nombres, sont utilisées pour générer, dans une plus ou moins grande mesure dans les exemples traités dans cette thèse, le discours musical. Cela se fait avec différents niveaux de transformation et de transposition du modèle, évidemment filtré par moi en tant que compositrice, qui détermine quoi écouter, comment combiner les différents sons et quand. Nous voyons ainsi, dans certains cas, que le modèle est fortement utilisé pour la production de l'œuvre et dans d'autres, il sert de série de matériaux ou de leitmotifs utilisés dans la composition musicale.

La créativité est étroitement liée à cette façon de relier et de lier ces formes cognitives en les créant et les incarnant dans une expression sonore, visuelle ou toute autre forme perceptible par nos sens, conçues de manière globale en tant qu'œuvre. Il existe autant de façons de concevoir la composition musicale qu'il y a d'individus capables de créer, qui choisissent le son comme langage expressif pour devenir musique. Certains compositeurs cherchent à traduire des pensées plus rationnelles, comme leur façon de voir, comprendre et se fondre avec la réalité et font appel à des formules mathématiques ou physiques pour créer une réalité sonore. D'autres sont de tendance synesthésique et travaillent avec des idées de couleur pour créer une succession de nuances et d'images ou de paysages sonores. D'autres encore font appel à une pensée que j'associe à l'idée de mémoire, qui reconstruit une longue histoire condensée sous une forme musicale, constituée de personnages et d'une dramaturgie d'accentuations, de silences, de contrastes, de crescendos et de decrescendos, de climax et de tempéraments, appliqués aux objets sonores. D'autres enfin manifestent une pensée réflexive et exploratoire d'une réalité, produisant des « états » de choses, comme une configuration d'éléments qui évolue et se déploie sur une période de temps.

La même chose s'applique au stade de l'interprétation, lorsque nous interprétons une pièce de musique, et en tant que musiciens, cherchons à créer des images mentales en décodant ce qu'a écrit le compositeur, nous permettant ainsi de diriger l'énergie et l'affect que nous insufflons dans la musique. Et cela se traduit ensuite en musique par un ensemble de générations de timbres, de liaisons de variations de hauteurs, de rythmes et d'intensités,

de gestes musicaux, de temps qui se resserrent, s'étendent ou se suspendent dans des *fermatas*, de successions d'harmonies et de toutes les formes que prend le son dans ce but, intentionnel ou non-intentionnel (ce qui revient également à une détermination). Générant ainsi une combinaison de sons perçus dans notre corps comme des « modes vibratoires ».

En partant de ce point, nous pouvons saisir plus clairement la notion qui peut s'associer au fait de composer des champs de possibilités en tant que formes dynamiques, intégrant l'interaction comme paramètre de composition, dans lesquelles une série de résultats possibles de ces interactions donnent une certaine résultante sonore, qu'il est possible d'anticiper dans ses macro-aspects sonores, mais indéterminée dans sa définition précise. Cela consiste en une esthétique d'une certaine irrégularité, proche de ce que nous observons dans les phénomènes de la nature, auxquels nous faisons allusion avec les notions de *Qi* et *Li*. Ceci est simplement une extension de la notion de musique « ouverte », avec un certain degré d'indétermination. Il est remarquable de constater l'évolution dans le développement de l'intelligence artificielle qui vient combler cet espace avec des déterminations possibles dans un champ de possibilités.

Nous pouvons étudier cela en analysant le corpus même de ce qui a été créé précédemment, mais également en examinant sa forme la plus fondamentale, qui se trouve dans ce contexte, dans le système cognitif. Dans le premier cas, nous analysons comment condenser les formes cognitives dans un processus créatif, et dans le second, nous analysons directement l'activité de notre cognition en relation avec les patterns de l'activité électrique de notre cerveau, sous-jacents à ces processus cognitifs. Bien qu'une première expérience ait été présentée ici avec les moyens décrits, il reste à déterminer le niveau d'évolution qui peut être atteint avec l'application des techniques d'intelligence artificielle pour préciser et approfondir le lien entre les motifs d'activité électrique et les processus cognitifs. Ainsi, avec le développement de l'intelligence artificielle, la perspective s'ouvre d'associer la pensée à des formes dynamiques musicales résultantes, permettant de guider l'incarnation des états sonores imaginés. Ceci est extensible à d'autres formes dynamiques, en dehors de nos processus cognitifs, comme l'illustrent les travaux réalisés avec les plantes et avec la météorologie en tant que modèles de base dans le processus de composition. Cela apporte ainsi une autre vision de ces phénomènes naturels que nous expérimentons quotidiennement, à travers le médium sonore.

L'interaction avec ces éléments est en adéquation avec la situation écologique actuelle et, par le biais de l'expérience artistique, nous cherchons à sensibiliser ces sujets pour les apprécier et les valoriser, en éveillant la conscience de leur vitalité dans le cas des plantes et de leur « omniprésence » et flux continu dans le cas de la météorologie. Ceci, dans le cadre d'un mouvement que Makis Solomos appelle « art environnemental » et d'une « écomusicologie » mettant en jeu les liens qui articulent la musique, la culture et la nature, comme une évolution des mouvements écosophiques⁴³⁹, mentionnés précédemment dans cette étude. Les dispositifs utilisés et créés à cet effet nous ont permis de développer des stratégies de composition incluant des méthodes adaptées pour travailler avec des fichiers de données, comme dans le cas de « Pycomposition », permettant de documenter le processus créatif dans un environnement de programmation, ou encore en documentant des créations interactives grâce au stockage de données sous forme de partitions, permettant ainsi leur réutilisation éventuelle pour d'autres formes successives de composition. Le processus développé a consisté en une série de « variations » à partir d'un modèle initial, chaque forme différente produite devenant le « modèle du modèle ». L'accumulation des versions de modèles nous a menés à l'intelligence artificielle, intégrant la possibilité de relier l'apprentissage de ceux-ci à la conception interactive de l'œuvre, laissant pour les prochaines études la synthèse de formes musicales à partir d'une multiplicité de modèles.

Ce développement a été notablement influencé par la propagation de la numérisation en ce siècle. J'estime que le développement et l'incorporation des interactions sont peut-être symptomatiques de l'état d'évolution des télécommunications, qui, depuis le télégraphe du XIX^e siècle envoyant des signaux électriques pour établir des communications à longue distance, ont imprégné notre société en atteignant des niveaux exponentiels de développement depuis la *World Wide Web* à la fin du XX^e siècle. Ainsi, au XXI^e siècle, nous sommes inéluctablement traversés par l'omniprésence du réseau Internet. Celui-ci modifie nos comportements, nos manières de communiquer, de travailler et de créer. Il permet de découvrir d'autres cultures, générant un sentiment de communauté mondiale, déterritorialisant progressivement l'art ainsi que l'accès au savoir en général. Nos constructions intellectuelles, à l'image de cette réalité que nous percevons de plus en plus étendue, du flux continu d'informations en constante variation, d'innovations technologiques à vitesse croissante, s'élargissent et décantent des formes de création

⁴³⁹ SOLOMOS, M. (2023). *Exploring the Ecologies of Music and Sound* (J. Higgins, Trans.; p. 1–5). Routledge.

collective, des œuvres de nature éphémère, des œuvres ouvertes resignifiées par le flux d'informations ou la participation du public, ce que John Cage, influencé par les philosophies orientales, anticipait déjà dans son utilisation du « hasard » dans le processus créatif.

Les moyens technologiques développés depuis lors nous permettent de resignifier ces concepts et de trouver des résonances avec eux dans le développement du « interaction media design » dans le domaine de la production contemporaine, ainsi que dans le développement de la composition en tant que champ ouvert de possibilités plutôt qu'une série de formes décidées comme fixes. Dans ce contexte, bien que des œuvres instrumentales au sens traditionnel aient été produites pour cette thèse, d'autres formes de performance ont été explorées, telles que des installations éphémères et participatives, des performances sur le web dans des environnements sociaux en réalité virtuelle, des performances télématiques, ou encore des environnements audiovisuels interactifs virtuels. Je pense que ces formes, en combinaison avec des formes plus traditionnelles, peuvent renouveler et susciter l'intérêt des générations plus jeunes, habituées aux écrans et au langage numérique dès leur plus jeune âge et en même temps redynamiser les formes de médiation de la musique, enrichissant l'expérience du spectacle vivant par l'extension de ces médias, générant de nouvelles interrogations dans l'écriture qui permettent d'incorporer ces interactions participatives et multimédias.

Dans ce processus, le rôle du compositeur est également transformé par cette influence multimodale du numérique. Il est courant de voir, dans les productions contemporaines, l'association d'artiste à des groupes multidisciplinaires ou encore de voir des artistes développer des compétences polyvalentes pour réaliser leurs différentes expérimentations et processus créatifs. L'exemple de cette thèse en est une illustration, dans laquelle, à différentes étapes, j'ai alterné entre la composition, la programmation informatique, la construction de circuits électroniques, l'édition et la production audiovisuelle, l'interprétation musicale et la direction d'orchestre. En tant que perspective future d'évolution du profil des compositeurs à l'avenir, j'estime qu'il y a un potentiel pour développer les processus créatifs en formant des équipes transdisciplinaires, en renforçant les liens entre les différentes disciplines artistiques, ainsi qu'entre l'art, les sciences sociales et les sciences naturelles, afin de multiplier et d'approfondir les connexions entre nos créations et nos recherches, développer une vision holistique et complémentaire de la

construction culturelle collective, intégrant la diversité des perspectives, la créativité dans les différentes approches, en élargissant la perception et la compréhension de la réalité, devenant ainsi une œuvre ; à l'image de la nature, diverse, multiple et connectée.

Table des Figures

Figure 1 : Romay, R. (2022) <i>Exemple de databending, utilisant un effet de réverbération dans Audacity</i> . [Photographie modifiée].	82
Figure 2 : Romay, R. (2022) <i>Exemple d'anaglyphe créé dans Photoshop à partir d'une photo</i> . [Photographie modifiée].	83
Figure 3 : Romay, R. (2022) <i>Exemple de simulation de distorsion scanner créée dans Photoshop à partir d'une photo</i> . [Photographie modifiée].	84
Figure 4 : Romay, R. (2023) <i>Exemple de processus génératif réalisé dans JavaScript (p5.js)</i> [Capture d'écran dans le site Web].	93
Figure 5 : Romay, R. (2023) <i>Image résultant du traitement génératif</i> . [Photographie traitée].	93
Figure 6 : <i>Performance page of Collabspace. WAC-2022 (6-8 juillet 2022)</i> [Capture d'écran issue de l'article].	95
Figure 7 : <i>Flux de travail pour la composition de Phitoprakta</i> [Schéma].	101
Figure 8 : <i>Oscillogramme de la composition Vigiles de F.B. Mâche. Réalisé avec Sonic Visualizer (2023)</i> [Capture d'écran].	103
Figure 9 : <i>Dessin des contours mélodiques entre les mesures 180 et 183 de la partie instrumentale de Germination. La hauteur des notes est représentée par des cercles noirs. L'axe vertical correspond à la hauteur et l'axe horizontal au temps (mesures 180-183)</i> . [Illustration].	105
Figure 10 : <i>Flux de travail pour la composition électroacoustique de Germination</i> . [Schéma].	106
Figure 11 : <i>Processus de création d'accords à partir d'enregistrements sonores</i> . [Schéma].	108
Figure 12 : <i>Le modèle de l'effet Doppler, appliqué à la transposition musicale</i> . [Schéma].	109
Figure 13 : <i>Exemple de courbes de temps/intensité (force) de trois formes de vitalité possibles</i> [Illustration].	111
Figure 14 : Romay, R. (2023) « <i>Patterns</i> » <i>dans la nature</i> . [Photographie modifiée].	114
Figure 15 : <i>Sýstēma ametábolon</i> . [Schéma créé à partir du diagramme de Hagel, S. (2018)].	123
Figure 16 : <i>Comma pythagoricien à travers le cycle des quintes justes</i> . [Illustration créée à partir du diagramme de Rivera Matus, J. M. (2022)].	124

Figure 17. <i>Visualisation des « gamakas » dans le Raga Behag.</i> [Captures d'écran de <i>Sonic Visualizer</i> et <i>Basic Pitch – Spotify</i>].....	128
Figure 18 : <i>Gamme « Maqam Rast ».</i> [Illustration créée à partir du diagramme de Farraj, J., et Abu Shumays. S. (2019)].	129
Figure 19 : <i>Transcription des accordages de deux instruments Jegogan.</i> [Réalisée à partir d'un enregistrement en ligne, et analysée avec <i>Sonic Visualizer</i>].	130
Figure 20 : <i>Hornbostel utilise les signes + et - pour indiquer les "déviation" dans la hauteur des notes, tandis qu'en regardant un spectrogramme, on observe le nombre d'inflexions mélodiques importantes pendant toute la durée de la chanson</i> [Illustration tirée de la publication de Hornbostel, et spectrogramme visualisé avec « <i>Audacity</i> »].	132
Figure 21 : <i>En haut, un spectrogramme de la voix parlée, au caractère incisif, avec de grands glissandos ou des notes descendantes ou ascendantes de larges intervalles autour de la sixte et de l'octave ; en bas, un spectrogramme de la voix chantée, avec des notes liées par des glissandos, et des variations de hauteur après l'intonation de la syllabe, ascendantes et descendantes.</i> [Spectrogrammes visualisés avec <i>Sonic Visualizer</i>]	133
Figure 22 : <i>Analyse du contour mélodique et de la structure de quatre phrases dans la chanson N°15 de Lola Kiepja, à partir de la minute 2'40''.</i> [Illustration créée à partir de l'analyse de Rouget, G. et Schwarz, J. (1976), et d'un spectrogramme visualisé dans <i>Sonic Visualizer</i>].	135
Figure 23 : <i>Forme d'onde et spectrogramme correspondants à la chanson « Mohololi » de M. Matima.</i> (2023). [Capture d'écran de <i>Sonic Visualizer</i>]	139
Figure 24 : <i>Schéma méthodologique de composition musicale.</i> (2023). [Diagramme].	141
Figure 25 : Martin, N. (2019). <i>La « Météorologie Sonore » au musée MAMAC, #Remixtaculture.</i> [Photographie].	150
Figure 26 : <i>Patch « Météorologie Sonore »</i> (2020). [Capture d'écran].	151
Figure 27 : <i>Requête effectuée sur l'objet "dict" à la station météorologique.</i> [Capture d'écran].	152
Figure 28 : <i>Données météorologiques collectées et stockées dans un dictionnaire.</i> [Capture d'écran].	152
Figure 29 : <i>Oscillateurs correspondant à chaque métadonnée, activés à chaque changement dans les données reçues.</i> [Capture d'écran].	153
Figure 30 : <i>Objets « bach.f2mc », « bach.transcribe » et « bach.quantize ».</i> [Capture d'écran].	154
Figure 31 : <i>Stockage des données sous forme de texte et de partition.</i> [Capture d'écran]. ..	155
Figure 32 : <i>Mon avatar, réalisé avec « Character Creator ».</i> [Capture d'écran].	156

Figure 33 : <i>Captation de mouvement, captation 360° à Valberg et face tracking</i> (2021). [Photographies]	157
Figure 34 : <i>Schéma des relations dans la performance de « #MétéoValberg »</i> . [Diagramme]	158
Figure 35 : <i>Processus de transformation du résultat MIDI (en rose) en partition instrumentale.</i> (2021-2022). [Partition]	160
Figure 36 : <i>Patch générateur de texte pour la soprano et le chœur</i> . [Capture d'écran].	162
Figure 37 : Pasquini F. (2022). <i>Réalisation et captation de « Fréquence Terre » dans le</i> <i>conservatoire de Musique de Nice, grâce à la collaboration du CIRM</i> . [Photographie].	163
Figure 38 : <i>Hétérophonie dans les cordes, au début de l'œuvre, mesures 1-6</i> . [Extrait de partition].	164
Figure 39 : <i>Cluster vocal sous la partie soprano soliste, mesures 13-18</i> . [Extrait de partition].	165
Figure 40 : <i>L'élément percussif dans la partie vocale, mesures 27-33</i> . [Extrait de partition].	165
Figure 41 : <i>Transition du bruit au ton, mesures 94-96</i> . [Extrait de partition].	166
Figure 42 : <i>Apparition des noms des villes, mesures 104-112</i> . [Extrait de partition].	167
Figure 43 : <i>Polyrythmies intermittentes, mesures, 113-117</i> . [Extrait de partition].	168
Figure 44 : <i>Déploiement de l'harmonie en arpèges, mesures, 163-171</i> . [Extrait de partition].	169
Figure 45 : <i>Interpolation des points d'orgue, mesures 189-194</i> . [Extrait de partition].	170
Figure 46 : <i>La fin des cordes col legno battuto en boucle jusqu'à la disparition des voix, en</i> <i>contraste avec le principe hétérophonique, à partir de la mesure 288</i> . [Extrait de partition].	171
Figure 47 : <i>« Weather Sounds » en « JSPatcher »</i> . [Capture d'écran].	172
Figure 48 : <i>« Whispers of Nature », lors du Festival Électrocution à Brest</i> . (2021). [Photographie].	175
Figure 49 : <i>Design du potager sur « Sketchup »</i> . <i>En bas à gauche, la version construite en réel</i> <i>au Collège Louis Nucéra</i> . (2020/2021). [Illustrations et photographie].	177
Figure 50 : <i>Réseau sans fil avec plusieurs modules NRF24L01</i> . [Illustration].	178
Figure 51 : <i>Schéma du circuit électronique pour la collecte des données de l'installation des</i> <i>plantes</i> . [Illustration].	179
Figure 52 : <i>Capteurs utilisés dans le circuit électronique pour capturer l'état des plantes en</i> <i>fonction de leur environnement</i> . [Photographie].	180

Figure 53 : <i>Circuits électroniques ; en haut à gauche il y a un des un circuits « transmetteurs », en haut à droite, le circuit « base » ou « récepteur », et en bas, une boîte ouverte pour observer le prototype. [Photographies]</i>	181
Figure 54 : <i>Extrait du code du circuit de « base », ou « récepteur », où les adresses de communication sont établies et où la réception des données radiofréquence est initiée. [Capture d'écran].</i>	182
Figure 55 : <i>« Green Meditation » aux « Journées du Patrimoine » 2021 au musée MAMAC, au « Festival Artifice numérique » en 2021 au 109, et au musée d'Art Naïf Anatole Jakovsky. [Photographies]</i>	189
Figure 56 : <i>Réception et classification des sonnées reçues dans la base. [Capture d'écran].</i>	190
Figure 57 : <i>Premier patch de réception et de traitement des données dans « Green Meditation ». [Capture d'écran].</i>	191
Figure 58 : <i>Exemples des synthétiseurs utilisés pour « Green Meditation ». [Capture d'écran].</i>	192
Figure 59 : <i>Visualisation de partitions, dans le cadre du transcodage en partitions, pour la réalisation de « Green Meditation ». [Photographie et capture d'écran].</i>	193
Figure 60 : <i>Schéma des interactions dans « Green Meditation ». [Diagramme].</i>	194
Figure 61 : <i>Début de la composition « Green Meditation », mesures 1-6. [Extrait de la partition].</i>	197
Figure 62 : <i>Accompagnement avec des « grains » de son, mesures 14-16. [Extrait de la partition].</i>	198
Figure 63 : <i>Représentation des « racines » des plantes, mesures 27-29. [Extrait de la partition].</i>	199
Figure 64 : <i>Succession des mélodies comme des « tiges » ou « branches ». [Extrait de la partition].</i>	199
Figure 65 : <i>Mouvement glissando représentant les couleurs des « fleurs », mesures 65-69. [Extrait de la partition].</i>	200
Figure 66 : <i>Ornementation autour d'une note, mesure 86. [Extrait de la partition].</i>	201
Figure 67 : <i>Résolution de la pièce, sur une ascension et descente mélodique, dont le « fruit » finit par « tomber » dans une note « do ». [Extrait de la partition].</i>	201
Figure 68 : <i>Présentation de « La Symphonie de l'Environnement au Broc. [Photographie].</i>	205
Figure 69 : <i>Première partition générée avec « Pycomposition ». [Partition].</i>	213

Figure 70 : <i>Partition inversée, générée avec « Pycomposition ».</i> [Partition].	215
Figure 71 : <i>Échelle correspondant à l'ensemble de données, avant d'être organisée selon la hauteur.</i> [Partition].	218
Figure 72 : <i>Échelle correspondant à l'ensemble de données traités.</i> [Partition].	219
Figure 73 : <i>Les notes qui apparaissent le plus souvent, qui seront les « notes polaires ».</i> [Partition].	220
Figure 74 : <i>Les durées qui apparaissent le plus souvent, donnent une idée du profil rythmique.</i> [Partition].	221
Figure 75 : <i>Échelles résultantes des six sous-listes traitées.</i> [Partitions].	223
Figure 76 : <i>Accords résultantes des six sous-listes traitées.</i> [Partitions].	225
Figure 77 : <i>Mélodies résultantes des six sous-listes traitées.</i> [Partitions].	227
Figure 78 : <i>Résultat de la Partie A.</i> [Partition].	229
Figure 79 : <i>Résultats des Parties B1, B2 et B3.</i> [Partition].	233
Figure 80 : <i>Résultats de la Partie A^.</i> [Partition].	235
Figure 81 : <i>Partition finale résultat de l'assemblage des Parties A, B, et A^.</i> [Partition].	236
Figure 82 : <i>Scordatura de la harpe.</i> [Partition].	238
Figure 83 : <i>Début de la partition. Motif de l'eau, mesures 1-2.</i> [Partition].	239
Figure 84 : <i>Motif des oiseaux survolant l'eau, mesures 16-17</i> [Partition].	239
Figure 85 : <i>Réduction des intervalles de l'eau, mesures 20-23.</i> [Partition].	240
Figure 86 : <i>Figure des cloches, des bruits des outils au village et des chevaux, mesures 34-39.</i> [Partition].	241
Figure 87 : <i>Réduction de l'eau et transformation en son xylophonique, mesures 48-51.</i> [Partition].	241
Figure 88 : <i>Motif des oiseaux avec une clé métallique, mesures 72-75.</i> [Partition].	241
Figure 89 : <i>Début de la pièce avec un ostinato et un pattern « mécanique », mesures 87-88.</i> [Partition].	242
Figure 90 : <i>Accords qui arrêtent l'avancement « de la machine », mesures 95-99.</i> [Partition].	242
Figure 91 : <i>Passage vers le bruit, des glissandos et des effets « criquet », mesures 108-111.</i> [Partition].	243
Figure 92 : <i>Début de la pièce avec un dialogue composé des répliques en différents, mesures 112-117.</i> [Partition].	244
Figure 93 : <i>Réapparition du pattern rythmique du début de la troisième partie, mesures 126-127.</i> [Partition].	244

Figure 94 : <i>Transformation de l'ostinato grave dans un domaine plus ludique et enfantine, mesures 137-138.</i> [Partition].	244
Figure 95 : <i>Patch correspondant à la production de synthèse granulaire dans « Le village dans la montagne ».</i> [Capture d'écran].	245
Figure 96 : <i>Patterns numérotés pour la génération de l'électronique.</i> [Capture d'écran]. ...	245
Figure 97 : <i>Anaïs de Gilles interprète « Le village dans la montagne ».</i> [Capture d'écran].	246
Figure 98 : <i>Préparation du dispositif Mark IV.</i> [Photographies].	249
Figure 99 : <i>Position des électrodes dans les canaux du dispositif Mark IV.</i> [Capture d'écran].	250
Figure 100 : <i>Réception des données venant du logiciel Open BCI GUI, dans Max.</i> [Capture d'écran].	251
Figure 101 : <i>Patch Max correspondant à « La Rose et les Étoiles ».</i> [Capture d'écran]. ...	252
Figure 102 : <i>Configuration du Blueprint Osc, et de l'environnement VR de " La Rose et les Étoiles ", dans Unreal Engine.</i> [Captures d'écran].	253
Figure 103 : <i>Production de modèles dans Wekinator.</i> [Capture d'écran].	257
Figure 104 : <i>Patch correspondant à « Flores hechas de cielo / Flowers made out of sky ».</i> [Capture d'écran].	258
Figure 105 : <i>Première page de "Flowers made up of sky".</i> [Partition graphique].	259
Figure 106 : <i>Alexandru Semeniuc interprète "Flores hechas de cielo/Flowers made out of sky".</i> [Capture d'écran].	260

Bibliographie

A

Ableton Live (s. d.). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://www.ableton.com/fr/live/what-is-live/>

Adobe Photoshop (s. d.). Consulté 24 avril 2023, à l'adresse <https://www.adobe.com/fr/products/photoshop/landpb.html>

AJO, P. (2014). *La estética del error en la edad digital* (p. 9–12). ESD Madrid. <https://fr.scribd.com/doc/196913083/La-estetica-del-error-en-la-edad-digital>

ALAZARD, F. (2022). *Art vocal, art de gouverner. La musique, le prince et la cité en Italie à la fin du XVI^e siècle*. Minerve-CESR. In FORIN, F. (2016). *Influence du politique sur la création lyrique au début du XXI^e siècle. Exemple des opéras de compositeurs aidés au titre de la commande d'État*. Consulté 14 juin 2022, à l'adresse http://tristan.u-bourgogne.fr/CGC/publications/Musique_Pouvoirs_Politiques/Florence_Forin.html

Alex McLean – Making music with text[ure] (s. d.). Consulté 9 mars 2023, à l'adresse <https://slab.org/>

Alive! Art, Creativity & Climate Change (2023). Consulté 20 mars 2023, à l'adresse <https://aliveartclimate.org/>

Alvin Lucier on a Lifetime of Experiments | Red Bull Music Academy (2017). Consulté 17 avril 2023, à l'adresse https://www.youtube.com/watch?v=v-Pnb_ZE7Hs&t=1489s

American Beauty. (2013). Behance. Consulté 28 mars 2023, à l'adresse <https://www.behance.net/gallery/7866997/American-Beauty->

Ana Maria Hernando Art : Sculptural installations, paintings, prints (s. d.). Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://www.anamariahernando.com>

Andy Goldsworthy | Artnet. (s. d.). Consulté 9 mars 2023, à l'adresse <https://www.artnet.fr/artistes/andy-goldsworthy/>

Anima 2002 (s. d.). Consulté 6 septembre 2022, à l'adresse <https://4dart.com/fr/creation/2002/anima/>

APPRICH, C. (2013). *Remaking Media Practices: From Tactical Media to Post-Media*. In C. APPRICH, J. BERRY SLATER, A. ILES, & O. LERONE SCHULTZ (Eds.), *Provocative alloys: a post-media anthology* (p. 133–136). Mute. <https://www.metamute.org/sites/www.metamute.org/files/u1/a-post-media-anthology-mute-books-9781906496944-web-fullbook.pdf>

Archive explore | transmediale. (2013). Consulté 3 avril 2023, à l'adresse https://archive.transmediale.de/archive/explore?f%5B0%5D=type%3Aevent&f%5B1%5D=taxonomy_vocabulary_5%3A3518&f%5B2%5D=taxonomy_vocabulary_3%3A569

ARISTOTE, *Métaphysique*. Traduction (éd. de 1953) de J. Tricot (1893-1963) Éditions Les Échos du Maquis (p. 43-106). PDF. Consulté 10 juin 2022, à l'adresse <https://philosophie.cegeptr.qc.ca/wp-content/documents/M%C3%A9taphysique.pdf>

ARNHEIM, R. (2011). *Art and visual perception: a psychology of the creative eye* (p. 5). University of California Press.

AROM, S. (1976). *The use of play-back techniques in the study of oral polyphonies*. *Ethnomusicology*, 20(3), p. 483-519.

Artificial Nature (2017). Consulté le 21 mars 2023, à l'adresse <https://artificialnature.net/>

Arts (2023). Consulté 03 août 2022, à l'adresse <https://fr.wikipedia.org/wiki/Arts>

ASHLEY, J. (2017). *Video Astronomy on the Go* (p. 142). Springer Cham <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46937-9>

Audacity. (2023). Consulté 22 avril 2023, à l'adresse <https://www.audacityteam.org>

AUERBACH, E. (2020). *Philologie de la littérature mondiale* (C. Pradeau & T. Samoyault, Eds., p. 25-37). OpenEdition Books ; Presses universitaires de Vincennes. <https://books.openedition.org/puv/5928>

Authorship in the digital age. (2007). Consulté 22 avril 2022, à l'adresse <https://johnaugust.com/2007/authorship-in-the-digital-age>

B

bach : *Computer-aided composition in Max | Ircam Forum*. (s. d.). Consulté 12 avril 2023, à l'adresse <https://forum.ircam.fr/projects/detail/bach-computer-aided-composition-in-max/>

BANCQUART, A., AGÓN, C., & ANDREATTA, M. (2011). *Microtonal Composition*. In *The OM Composer's Book 2*, J. BRESSON, C. AGON ET G. ASSAYAG (eds.), Collection «Musique/Sciences», Ircam-Delatour, p. 279. <http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/moreno/AndreattaMicrotonality.pdf>

BARKER, A., STEVENS, J., & LE HURAY, P. (1984). *Greek Musical Writings: Volume 2, Harmonic and Acoustic Theory* (p. 304). Cambridge University Press.

BARTHES, R. (1968). *L'effet de réel*. *Communications*, 11(1). p. 84-89. <https://doi.org/10.3406/comm.1968.1158>

BARWICK, L. (2003). *Tempo bands, metre and rhythmic mode in Marri Ngarr 'Church Lirrga' songs*. *Australasian Music Research* 7, p. 67–83.

Basic Pitch : An open source MIDI converter from Spotify - Demo. (2022). Consulté 25 avril 2023, à l'adresse <https://basicpitch.spotify.com/>

- BAXTER, J. (1993), *Mimesis*. In: MAKARYK I.—*Encyclopedia of Contemporary Literary Theory*. University of Toronto Press. Scribd, p. 591-593. Consulté 18 mars 2023, à l'adresse <https://www.scribd.com/document/382009637/Irena-Makaryk-Encyclopedia-of-Contemporary-Literary-Theory-Approaches-Scholars-Terms>
- BEDON, M. (2014). *De Spinoza à l'écologie profonde : l'Éthique et l'Ecosophie d'Arne Næss*. Hal.grenoble-Em.com. <http://hal.grenoble-em.com/UNIV-BPCCLERMONT/hal-03319013>
- BENICHO, A. (2011). *Marina Abramović : The Artist Is [Tele]Present : les nouveaux horizons photographiques de la (re)performance*. Intermédialités : histoire et théorie des arts, des lettres et des techniques / Intermediality: History and Theory of the Arts, Literature and Technologies, 17, p. 147-167. <https://doi.org/10.7202/1005754ar>
- BENJAMIN, W. (2008). *The work of art in the age of its technological reproducibility, and other writings on media* (p. 21). The Belknap Press Of Harvard Univ. Press. Consulté 27 mars 2023, à l'adresse <https://www.scribd.com/document/30777029/Benjamin-Walter-The-Work-of-Art-in-the-Age-of-Its-Technological-Reproducibility-and-Other-Writings-on-Media>
- BERNARDELLO, N. (2001). *Cantando en la casa del viento* (p. 10-15). Editorial Universitaria de la Patagonia.
- BETANCOURT, M. (2016). *Glitch Art in Theory and Practice: Critical Failures and Post-Digital Aesthetics*. In Google Books (p. 1–7). Taylor & Francis. https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=TiklDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Digital+Post-Digital+Art&ots=F8cWC7tXu5&sig=MdHxc4Cndt_1YD2y3LJ2mdjWckQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Digital%20%2F%20Post-Digital%20Art&f=false
- Binary Pronouns*, Joel Swanson (s. d.). Consulté 27 mars 2023, à l'adresse <http://joelericswanson.com/binarypronounsletterpress>
- BLACKING, J. (1980). *Le sens musical* (E. Blondel & M. Blondel, Trad., p. 101). Les Editions de Minuit. In DONEGANI, J.-M. (2004). *Musique et politique : Le langage musical entre expressivité et vérité*. Raisons politiques, 14(2), p. 5. <https://doi.org/10.3917/rai.014.0005>
- BOISCLAIR, L. (2019). *Art immersif, affect et émotion. L'expérientiel 1* (p. 21-25). L'Harmattan.

C

- CANNAM, C., LANDONE, C., & SANDLER, M. (2010). *Sonic Visualiser : An Open Source Application for Viewing, Analysing, and Annotating Music Audio Files*. Proceedings of the ACM Multimedia 2010 International Conference, p. 1467-1468.
- Carsten Nicolai Realistic*. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse

<https://carstennicolai.de/?c=works&w=realistic>

CASCONE, K. (2000). *The Aesthetics of Failure: « Post-Digital » Tendencias in Contemporary Computer Music Journal*. Vol. 24, n° 4, p. 12-18. <https://doi.org/10.1162/014892600559489>

CASSIRER, E. (1995). *Langage et art II*. In C. Berner, F. Capeillères, J. Carro, & J. Gaubert (Trad.), *Écrits sur l'art* (p. 147–148). Les Éditions du Cerf, In RIEBER, A. (2009). *L'art comme forme symbolique*. Appareil 3, Article 3, p.3-4. <https://doi.org/10.4000/appareil.825>

CASTELLS, M., CARDOSO, G., & NITZE, P. H. (2006). *The network society: from knowledge to policy* (p. 3-7). Center For Transatlantic Relations, Paul H. Nitze School Of Advanced International Studies, Johns Hopkins University. <https://www.dhi.ac.uk/san/waysofbeing/data/communication-zangana-castells-2006.pdf>

Chair de lumière. (2014). Consulté 24 avril 2022, à l'adresse <https://www.chairdelumiere.com>

Chameleons 4. The Doors of Serenity Trailer. Consulté 6 septembre 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=zvP4xky5Ar0>

Chant Chamanique (n° 15)—CREM-CNRS - Sound archives of the CNRS and the Musee de l'Homme. Research Centre of Ethnomusicology (CREM), University of Paris 10. (s. d.). Consulté 2 avril 2023, à l'adresse https://archives.crem-cnrs.fr/archives/items/CNRSMH_E_1972_014_001_001_13/

CHAPMAN, A. (2002). *Fin de un mundo. Los Selknam de Tierra del Fuego* (p. 168–226). Taller Experimental Cuerpos Pintados.

Character Animation Software—3D Animation Software. Character Animator | IClone | Reallusion. Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://www.reallusion.com/iclone/default.html>

CHERNAVSKY, A. (2015). *Au début il y avait le milieu. Le problème du commencement de la philosophie dans Différence et Répétition*. Les Études philosophiques. Vol. 112, n° 1, p. 136. https://doi.org/10.1162/LMJ_a_00056

Chico MacMurtrie. Skeletal Reflections. Consulté le 7 septembre 2022, à l'adresse <https://www.fondation-langlois.org/html/f/page.php?NumPage=36>

CHRISTIANE, P. (2017). *Genealogies of The New Aesthetic*. Prezi.com. In SCHUBERT, A. (2021). *Switching worlds Op. cit.*, p. 22-23.

Ciaaattt...jegogan, bali gamelan instrument (2013). Consulté 26 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=B7BEAE7grVQ>

Civilización egea—Wikipedia, la enciclopedia libre. (s. d.). Consulté 4 août 2022, à l'adresse https://es.wikipedia.org/wiki/Civilizaci%C3%B3n_egea

CNRTL, *Composer: Etymologie de composer*, Consulté 13 juin 2022 à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/etymologie/composer>

Collabscape. (2021). *Austin Franklin*. Consulté 10 mai 2022, à l'adresse <https://austinfranklinmusic.com/collabscape/>

COMITE STRATEGIQUE INFORMATION ET COMMUNICATION STRATEGIQUE. (2015). *Livre Blanc Afnor Big Data 2015* (p. 4) | PDF | Big data | Organisation internationale de normalisation. Scribd.

<https://fr.scribd.com/document/328185688/Livre-Blanc-Afnor-Big-Data-2015>

Charles Huot, animateur du groupe de travail Big Data. Jean-François Legendre, rapporteur.

Computer-Generated Pictures (Noll & Julesz) | Database of Digital Art. (s. d.). Consulté 20 mars 2023, à l'adresse <http://dada.compart-bremen.de/item/Exhibition/172>

COPLAN, D. B. (1988). *Musical Understanding: The Ethnoaesthetics of Migrant Workers' Poetic Song in Lesotho*. *Ethnomusicology*, 32(3), p. 337-368. <https://doi.org/10.2307/851936>

CORDAIN, L., EATON, S. B., SEBASTIAN, A., MANN, N., LINDEBERG, S., WATKINS, B. A., O'KEEFE, J. H., & BRAND-MILLER, J. (2005). *Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century*. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(2), p. 341–354. <https://doi.org/10.1093/ajcn.81.2.341>

COUPRIE, P., & PARENT, E. (2022). *Le paradigme de l'interaction dans la musique aux XX^e et XXI^e siècles*. In *La musique et la Machine. Penser l'interaction dans les musiques électroniques* (p. 7–21). Presses universitaires de Rennes.

COWGILL, G. L. (2015). *Ancient Teotihuacan. Early Urbanism in Central Mexico* (p. 319). Cambridge University Press. <https://www.scribd.com/document/375857099/Ancient-Teotihuacan-Early-Urbanism-in-Central-Mexico-pdf>

D

DEBOS, F., & PELISSIER, N. (2022). *Scènes sur Toile Les parcours d'artistes du spectacle vivant à l'épreuve du numérique*. p. 1-2. <https://hal.science/hal-03520030>

DECARSIN, F. (1992). *Entretien avec François-Bernard Mâche* (p. 15). In *Les Cahiers du CIREM, Centre International de Recherches en Esthétique Musicale*, N°22-23.

DELEUZE, G., & GUATTARI, F. (2007), *Mille Plateaux, Introduction : Rhizome* (p. 4). In S. Manning & A. Taylor, *Transatlantic Literary Studies*. Edinburgh University Press. <https://doi.org/10.1515/9781474470674-039>

Devenir Fleur / Programmation associée | MAMAC de Nice. (2022). Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://www.mamac-nice.org/fr/actualite/devenir-fleur-programmation-associee/>

DIAMOND, J. (1997). *Guns, Germs, And Steel*. (p. 86–88). W.W. Norton & Co.

DIXON, S. (2015). *Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation* (p. 241-268). MIT Press. ISBN 978-0-262-52752-1.

DONEGANI, J-M. (2004). *Musique et politique : le langage musical entre expressivité et vérité*. Dans *Raisons Politiques* 2004/2 (n°14), p. 7. <https://doi.org/10.3917/rai.014.0005>

Dreaming Fields of Action - Colloque DANTEMUS - Festival Manca (2020). Consulté 10 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=cNcc52D3jFg&t=1028s>

E

EIPE-GIMENO, J., & DE PAIVA SANTANA, C. (2022). *Transcoding as a Compositional Paradigm*. *Musicological Annual*, 58(2), p. 155–174. <https://doi.org/10.4312/mz.58.2.155-174>

ENGEL, J., RESNICK, C., ROBERTS, A., DIELEMAN, S., ECK, D., SIMONYAN, NOROUZI, K. M. (2017). *nsynth.ipynb*. Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://colab.research.google.com/notebooks/magenta/nsynth/nsynth.ipynb>

Egyptian Art: Types, Characteristics, History. Art Encyclopedia. Consulté le 2 août 2022, à l'adresse <http://www.visual-arts-cork.com/ancient-art/egyptian.htm>

Études et laboratoires (été 2013). Consulté 24 avril 2022, à l'adresse <https://www.chairdelumiere.com/etudes-et-laboratoires>

Events—Alive ! (2020). Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://aliveartclimate.org/index.php/events/>

Every Possible Glitch from Databending in Audacity (2022). Consulté 27 mars 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=-o28ZrdhugY>

Extended Reality Research and Creative Center XR²C². Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://xr2c2.univ-cotedazur.fr/>

F

FARRAJ, J., & ABU SHUMAYS, S. (2019). *Inside Arabic music: Arabic maqam performance and theory in the 20th century* (p. 71–167). Oxford University Press. <https://fr.scribd.com/document/445160151/9780190658366-Inside-Arabic-Music-f390>

Festival Électrocution (2021), « Whispers of Nature » dans la minute 55'49'', à Brest. Consulté le 15 avril 2023 à l'adresse <https://www.facebook.com/ensemblesillages/videos/3818742108212568>

Fervor Ana María Hernando with Dreaming Fields of Action. Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=9VH1TvQzGt4>

Fervor Ana María Hernando with Dreaming Fields of Action (2021-2022). Consulté 10 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=9VH1TvQzGt4&t=9s>

FLORIDI, L. (2011). *The Philosophy of Information* (p. 1-52). Oxford University Press. Preface XIII. <https://www.scribd.com/document/354500554/Luciano-Floridi-The-Philosophy-of-Information-Oxford-University-Press-2011-pdf>

Fluid Manipulation Toolkit. (s. d.). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://www.flucoma.org/download>

FluidSynth | Software synthesizer based on the SoundFont 2 specifications. (2020). Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://www.fluidsynth.org/>

FOURMENTRAUX, J.-P. (2020). *Net Art et contre-culture numérique*. Ligeia, N°181-184(2), p. 74-85.

FRAN, D. (2021). *How have we changed since our species first appeared?*. The Australian Museum. Consulté 3 août 2022, à l'adresse <https://australian.museum/learn/science/human-evolution/how-have-we-changed-since-our-species-first-appeared/>

FRANCE 3 PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR (2021) *REPLAY- Festival Artifice numérique à Nice : La technologie peut-elle sauver le sauvage*. Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://france3-regions.francetvinfo.fr/provence-alpes-cote-d-azur/alpes-maritimes/nice/festival-artifice-numerique-a-nice-la-technologie-peut-etre-sauver-le-sauvage-2349904.html>

François Bernard Mâche - « La musique : Comment, pourquoi? » (Séminaire Mamuphi 1° octobre 2022, Ircam). <https://www.youtube.com/watch?v=xgWRYDQHLSM>

FRANKLIN, A. (2022). *Collabscape: A Collaborative Musical Net Art Installation*. Web Audio Conference 2022 (WAC 2022), Cannes, France, p. 1-2. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6770208>

FRANKLIN, A. (2021). *sound-scapes.io Demo* (pt. 1). Consulté 27 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=vfcqqKBrYSo>

FURLONG, C. W., KOPPERS, W., & GUSINDE, M. (Directors). (2017). *Grabaciones en cilindros de cera de los selk'nam, yámana y kawéskar de Tierra del Fuego, 1907-1923* (L.-C. KOCH & R. KOPAL, Eds.) [CD, Historische Klangdokumente]. Staatliche Museen zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz - Ibero-Amerikanisches Institut, Preußischer Kulturbesitz. [Livret accompagnant le cd]

G

GALANTER, P. (2003). *What is generative art? Complexity theory as a context for art theory* (p. 1-4). Proceedings of the GA2003 - 6th Generative Art Conference, Italy. https://www.researchgate.net/publication/249885075_What_is_Generative_Art_Complexity_Theory_as_a_Context_for_Art_Theory

GEERTZ, C. (1966). *The Impact of the Concept of Culture on the Concept of Man*. Bulletin of the Atomic Scientists, 22(4), p. 2–8. <https://doi.org/10.1080/00963402.1966.11454918>

Georg Nees : Computergrafik | Database of Digital Art. (s. d.). Consulté 7 avril 2023, à l'adresse <http://dada.compart-bremen.de/item/exhibition/164>

Germination, Jean-Luc Hervé, Ircam. (2021). Consulté 12 juin 2022, à l'adresse <https://brahms.ircam.fr/en/works/work/33485/>

GERSHENSON, Carlos (2000) *Lógica II*, Consulté 11 juin 2022, à l'adresse <https://turing.iimas.unam.mx/~cgg/jlagunez/filosofia/Tarski-SemanticConceptionOfTruth.htm>

GLINOER, A. (2014). *L'impensable référence au réel*. CONTEXTES. Revue de sociologie de la littérature. <https://doi.org/10.4000/contextes.5861>

GOBBO, F., ILIADIS, A., FRESCO, N., KERR, E., PRIMIERO, G., ALLO, P., VAKARELOV, O., GRUBAUGH, C., SCHULZ, C., & TURILLI, M. (2013). *Philosophy of Information : An Introduction* (p. 10-31). Society for the Philosophy of Information. https://www.academia.edu/5206129/Philosophy_of_Information_An_Introduction

GOHON, K., & PARENT, E. (2022). *Une musicologie de la relation*. In *La musique et la machine. Penser l'interaction dans les musiques électroniques* (p. 231–235). Presses universitaires de Rennes.

GOTTELAND, S. (2020). *Honorés à l'égal des dieux et des héros ? La célébration des bienfaiteurs de la démocratie chez les orateurs attiques*. Mythos. Rivista di Storia delle Religioni, 14, Article 14, 18 p. <https://doi.org/10.4000/mythos.2320>

Green Meditation, début du travail de transcodage en partitions. Consulté 15 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=ndJSouBP2sY>

GREGORY, A., HEUS P. & RYSSEVIK, J. (2010). *Metadata*. In *Building on Progress* (1^{re} éd., p. 489-497). Verlag Barbara Budrich. <https://www.jstor.org/stable/j.ctvbkk43d.30>

GRISEY, G. (2008). *Ecrits ou l'invention de la musique spectrale* (p. 273). MF. Collection Repercussions. Édition établie par Guy Lelong avec la collaboration d'Anne Marie Réby.

H

HAGGARD, P. (2008). *Human volition : towards a neuroscience of will*. Nature : Reviews/Neuroscience, 9, p. 934-946.

HAGEL, S. (2018). *Ancient Greek music : a new technical history* (p. 6). Cambridge University Press.

- HANS, O. (1998). *Bali : La musique comme cosmologie sonore. In Harmoniques n°2, mai 1987 : Musiques, identités.* Ircam - Centre Georges Pompidou
<http://articles.ircam.fr/textes/Oesch87a/>
- HASEGAWA, R. (2015). *Clashing Harmonic Systems in Haas's Blumenstück and in vain.* *Op. cit.*, p. 206.
- HAYEK, F. A. (1979). *Droit législation et liberté*, vol. 3, *L'ordre politique d'un peuple libre* (1983), Puf, p. 167 et p. 147. In SALMON, A. (2015). *Néolibéralisme, nouveau management et plaisir.* *Connexions*, 2015/1 (n°103), p. 23.
<https://doi.org/10.3917/cnx.103.0021>
- HALL, S. (2013). *The West and the Rest: Discourse and Power* (p. 185-225). In S. Hall & B. Gieben (Eds.), *Formations of modernity.* Polity Press.
<https://analepsis.files.wordpress.com/2013/08/hall-west-the-rest.pdf>
- HALL, S. (1997). *Representation: Cultural Representations and Signifying Practices* (p. 37–39). Sage.
- HANNULA, M., SUORANTA, J., & VADÉN, T. (2005). *Artistic Research: theories, methods and practices* (p. 14). Helsinki Academy Of Fine Arts, University of Gothenburg / ArtMonitor.
<https://www.scribd.com/document/187285809/Hannula-Et-Al-Artistic-Research-Theories-Methods-and-Practices>
- HANSEN, M. H. (1999). *The Athenian assembly in the age of Demosthenes: structure, principles, and ideology.* (p. 6–67). University Of Oklahoma Press.
- HERVÉ, J. L. (2008). *Germination.* In J. BRESSON, C. AGON, & G. ASSAYAG (Eds.), *The OM composer's book* (Vol. III, p. 219-227). Éditions Delatour France/Ircam-Centre Pompidou.
- HOFFMANN, D. L., STANDISH, C. D., GARCÍA-DIEZ, M., PETTITT, P. B., MILTON, J. A., ZILHÃO, J., ALCOLEA-GONZÁLEZ, J. J., CANTALEJO-DUARTE, P., COLLADO, H., DE BALBÍN, R., LORBLANCHET, M., RAMOS-MUÑOZ, J., WENIGER, G.-Ch., PIKE, A. W. G. (2018). *U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art*", *Science*, vol. 359, no 6378, p. 912-915. Consulté 03 août 2022, à l'adresse
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aap7778>
- HONOUR, H., & FLEMING, J. (2004). *Historia mundial del arte* (p. 267–269). Akal Ediciones.
- HOPE, C. (2016). *The Decibel New Music Ensemble. Artistic Research in Experimental Music at the Academy* dans In: BURKE, R. et ONSMAN, A. (2017) *Perspectives on Artistic Research in Music.* *Op. cit.*, p. 154.
- HOW TO MECHATRONICS. (2022). *NRF24L01 – How It Works, Arduino Interface, Circuits, Codes.* Consulté 27 avril 2023, à l'adresse
<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-wireless-communication-nrf24l01-tutorial/>

HOW TO MECHATRONICS. (2018). *Arduino Wireless Network with Multiple NRF24L01 Modules*. Consulté 27 avril 2023, à l'adresse <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-build-an-arduino-wireless-network-with-multiple-nrf24l01-modules/>

HUBER, A., INGRISCH, D., KAUFMANN, T., KRETZ, J., SCHRÖDER, G., & ZEMBYLAS, T. (2021). *About knowledge and realization in artistic activities: knowing in performing*. In A. HUBER, D. INGRISCH, T. KAUFMANN, J. KRETZ, G. SCHRÖDER, & T. ZEMBYLAS (Eds.), *Knowing in performing: artistic research in music and the performing arts* (p. 17-19). Verlag. <https://fr.scribd.com/read/490713993/Knowing-in-Performing-Artistic-Research-in-Music-and-the-Performing-Arts#>

Hubs—Private, virtual 3D worlds in your browser. (s. d.). Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://hubs.mozilla.com/>

I

IDROBO LASSO, J. A. (2014). *La polis perfecta. La virtud del buen ciudadano : La prudencia* (p. 72). <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/17872>

Illusions & Cryogenian in SAT. Julius Horsthuis . (s. d.). Consulté 24 avril 2022, à l'adresse <http://www.julius-horsthuis.com/illusions-cryogenian-in-sat>

Interactive Theater - "It/I" - MIT Media Lab 1997, Consulté 6 septembre 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=RGxf0DzDaT8>

IRCAM. (2021). *Jean-Luc Hervé : Germination (Modèles naturels dans l'écriture de Germination)*. Consulté 18 avril 2023 <https://www.youtube.com/watch?v=WNXOp5LScto>

Iterating over all notes in music21. Consulté 15 avril 2023 ; à l'adresse <https://stackoverflow.com/questions/45093673/iterating-over-all-notes-in-music21>

J

JABLONSKI, N. G., & Chaplin, G. (2000). *The evolution of human skin coloration. Journal of Human Evolution*, 39(1), p. 57-106. <https://doi.org/10.1006/jhev.2000.0403>

JackTrip. (s. d.). Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://ccrma.stanford.edu/software/jacktrip/>

JAGODZINSKI, J. (2021). *A Meditation on the Post-digital and Post-internet Condition: Screen Culture, Digitalization, and Networked Art*. In : TAVIN, K., KOLB, G. et TERVO, J. (éd.), *Post-Digital, Post-Internet Art and Education: The Future is All-Over*. Cham: Springer International Publishing, p. 61-65. Palgrave Studies in Educational Futures. ISBN 978-3-030-73770-2. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73770-2_4

Jean-Luc Hervé : *Germination*. Consulté 12 juin 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=WNXOp5LScto>

Jean-Luc Hervé. *Germination. Concert piece* (s. d). Consulté 07 juillet 2022, à l'adresse http://jeanlucherve.com/wp-content/uploads/2017/09/JLH-germination_25_01_15.pdf

Ji, H., & WAKEFIELD, G. (2016). *Endogenous Biologically Inspired Art of Complex Systems*. IEEE Computer Graphics and Applications, 36, p. 16. <https://doi.org/10.1109/MCG.2016.12>

Ji, H. H., & WAKEFIELD, G. (2016). *Recent Realizations of Artificial Nature*. In P. BEESLEY & A. ROUSHAN (Eds.), *Living Architecture Systems Group. White Papers* (p. 176-183). Riverside Architectural Press. http://papers.cumincad.org/data/works/att/lasg_whitepapers_2016_176.pdf

Joan Jonas - *Leftside rightside* Consulté 5 septembre 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=9UaRe6q7M4k>
Jodi, 404. Consulté 10 mai 2022, à l'adresse <http://404.jodi.org/>

Jodi, <http://www.jodi.org>, Consulté 10 mai 2022, à l'adresse <http://www.jodi.org>.

Jodi | net-art. (s. d.). Consulté 10 mai 2022, à l'adresse <https://net-art.org/jodi>

JSPatcher. Consulté le 14 avril, à l'adresse <https://github.com/Fr0stbyteR/jspatcher>

K

KAHN, R. (2012). *Philologie et esthétique chez Erich Auerbach | CIELAM*, 6 p. Consulté 17 mars 2023. <https://doi.org/10.58048/2263-7664/539>

KAY, N. (1967). *Xenakis's « Pithoprakta » Tempo*, 80, p. 21–25. <http://www.jstor.org/stable/942631>

KLEIN, K. (2021). *Post-digital, Post-internet: Propositions for Art Education in the Context of Digital Cultures*. In K. Tavin, G. Kolb, & J. Tervo (Eds.), *Post-digital, post-internet art and education : the future is all-over. Op. cit.*, p. 27–244.

KODURI, G. K., ISHWAR, V., SERRA, J., & SERRA, X. (2014). *Intonation Analysis of Rāgas in Carnatic Music*. *Journal of New Music Research*, 43(1), p. 72–93. <https://doi.org/10.1080/09298215.2013.866145>

KRAMER, S. N. (1971). *Sumerians: Their History, Culture, and Character* (pp. 99–101). University of Chicago Press. Consulté 2 mars 2023, à l'adresse <https://oi.uchicago.edu/sites/default/files/uploads/shared/docs/sumerians.pdf>

L

L'Aqua Symphonie du Potager - Les Cordées de la Réussite - Collège Louis Nucéra - Consulté le 15 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=bnoVbQr6zzg>

LANDAZURI, M. M. C. O. de. (2012). *El placer en la filosofía de Aristóteles* (p. 393-404). Hedoné.

https://www.academia.edu/78190942/Hedon%C3%A9_El_placer_en_la_filosof%C3%ADa_de_Arist%C3%B3teles

La nuit des musées 2021. Consulté 12 avril 2023, à l'adresse https://recreanice.fr/sites/default/files/imce/nuit-des-musees-2021_2.pdf . Intitulée pour l'occasion *Le chuchotement naïf du parc du château Sainte-Hélène* .

Lars Fredrikson | *MAMAC de Nice*. (2019). Consulté 11 avril, à l'adresse <https://www.mamac-nice.org/fr/exposition/lars-fredrikson/>

« *La Symphonie del Environnement* », *Le Broc, France*. Consulté le 15 avril 2023, à l'adresse <https://youtu.be/sLBBraGU3pQ>

La symphonie de l'environnement au Festival du Peu, 8 juillet 2022, Le Broc, Studio Instrumental. Consulté le 15 avril 2023, à l'adresse <https://studio-instrumental.fr/la-symphonie-de-lenvironnement-de-romina-romay-au-festival-du-peu-8-juillet-2022-le-broc/>

Le 109 | Pôle de cultures contemporaines à Nice—Site officiel. (2023). Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://le109.nice.fr>

Le chou qui chante. à Levens (été 2020) Romina S. Romay. Consulté le 15 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=UvbcFUXTk3w>

Le Hublot. (2021). *Controverse #05 : Le numérique au service de l'art et de la création ?* . Consulté 13 avril 2023, à l'adresse <https://www.lehublot.net/tag/romina-s-romay/>

LEROUX, P. (2008). *The Model of the Model in VOI(REX)*. In J. BRESSON, C. AGON, & G. ASSAYAG (Eds.), *The OM composer's book* (Vol. II, p. 149–164). Éditions Delatour France/Ircam-Centre Pompidou.

LEVI-STRAUSS, C. (2014). *La pensée sauvage* (p. 125-198). Plon.

Les journées européennes du Patrimoine 2021 au MAMAC (2021). Consulté 12 avril 2023, à l'adresse <https://www.mamac-nice.org/fr/evenement/les-journees-europeennes-du-patrimoine-2021/>

LES FABRIQUES A MUSIQUE OFFICIEL (2021). *La Fabrique Musique Contemporaine 2021 présente « Tous ensemble autour du sport » avec Romina S. Romay*. Consulté 15 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=DiJO3NEZos0>

- LILJA, E. (2021). *The Pot Calling the Kettle Black; An Essay on the State of Artistic Research*. In A. HUBER, D. INGRISCH, T. KAUFMANN, J. KRETZ, G. SCHRÖDER, & T. ZEMBYLAS (Eds.), *Knowing in performing: artistic research in music and the performing arts* (p. 28-33). Verlag. <https://fr.scribd.com/read/490713993/Knowing-in-Performing-Artistic-Research-in-Music-and-the-Performing-Arts#>
- LilyPond – *la notation musicale pour tous*. (2023). Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://lilypond.org/index.fr.html>
- LIORET, A., & BERGER, P. (2012). *L'art génératif : Jouer à Dieu... un droit ? un devoir ?* (p. 9). L'Harmattan.
- LIPPARD, L. R. (2001). *Six years: the dematerialization of the art object from 1966 to 1972* (p. 28–29). University Of California Press. https://monoskop.org/images/0/07/Lippard_Lucy_R_Six_Years_The_Dematerialization_of_the_Art_Object_from_1966_to_1972.pdf
- Liquid Views - Narcissus' Mirror (1992-93) by Monika Fleischmann & Wolfgang Strauss*. Consulté 5 septembre 2022, à l'adresse VisWiz GMD/KHM <https://www.youtube.com/watch?v=bjq13wyjhA8&t=4s>
- LUKOMSKY, V., & GUBAIDULINA, S. (1998). *Sofia Gubaidulina : « My Desire Is Always to Rebel, to Swim against the Stream! »* Perspectives of New Music, 36(1), p. 5-41. <https://doi.org/10.2307/833574> . In: ROIG-FRANCOLÍ, M. A. (2008). *Understanding Post-Tonal Music, Op. cit.*, p. 361.

M

- MÂCHE, F-B. (2001). *Musique au singulier* (p 129-278.). Ed. Odile Jacob.
- MadRasana Official (2018). Charumathi Raghuraman | Raga Behag*. Consulté 25 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=ESEJ1BdOVnM>
- Magenta. Make Music And Art Using Machine Learning* Consulté 28 avril 2023, à l'adresse <https://magenta.tensorflow.org/>
- MAGENTA (2017). *NSynth: Neural Audio Synthesis*. Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://magenta.tensorflow.org/nsynth>
- MAGNUSSON, T. (2011). *Algorithms as Scores: Coding Live Music*. Leonardo Music Journal. Vol. 21, p. 19-23. DOI [10.1162/LMJ_a_00056](https://doi.org/10.1162/LMJ_a_00056).
- MALAVAL, P. ET DECAUDIN, J-M. (2012). *Pentacom* (p. 5-8). Pearson Education France. ISBN 978-2-7440-7584-1.
- MANOVICH, L. (2013). *Software takes command* (p. 101–106). Bloomsbury.

- MCGEE, R., & ROGERS, D. E. (2016). *Musification of Seismic Data*. The 22nd International Conference on Auditory Display (ICAD–2016). 4 p.
<https://doi.org/10.21785/icad2016.021>
- MCLUHAN, M. (2019). *La Galaxie Gutenberg, les fiches de lecture* (p. 4-7). Encyclopædia Universalis. ISBN 978-2-341-00037-6.
<https://fr.scribd.com/book/445620165/La-Galaxie-Gutenberg-de-Mcluhan-Les-Fiches-de-lecture-d-Universalis>
- MCLUHAN, M. (2013). *Understanding Media. The Extensions of Man* (p. 12-13). Gingko Press. California. <https://www.scribd.com/book/352474002/Understanding-Media-The-Extensions-of-Man>
- MCLUHAN, M. (1967). *La Galaxie Gutenberg* (p. 4-7). Le Seuil.
- Media Art Net | RSG : Carnivore*. Consulté 28 avril 2023
<http://www.medienkunstnetz.de/works/carnivore/>
- MEHONIC, A. ET KENYON, A. J. (2022). *Brain-inspired computing needs a master plan*. Nature. Vol. 604, n° 7905, p. 255-260. DOI [10.1038/s41586-021-04362-w](https://doi.org/10.1038/s41586-021-04362-w)
- MEYNARD, T. (2011). *La première traduction des Entretiens de Confucius en Europe : Entre le li néo-confucéen et la ratio classique*. Études chinoises. 漢學研究, 30(1), p. 173-192.
<https://doi.org/10.3406/etchi.2011.961>
- Michael Hansmeyer—Muqarnas*. (s. d.). Michael Hansmeyer - Computational Architecture. Consulté 9 mai 2022, à l'adresse <http://www.michael-hansmeyer.com/muqarnas>
- MILNER, M. (1966). *Review of Des Métaphores obsédantes au Mythe personnel. Introduction à la Psychocritique*. Revue d'Histoire littéraire de la France, 66(2), p. 353-355.
- MiMU — Music Through Movement*. (s. d.). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse https://mimugloves.com/documentation/leap_motion/
- Mohololi. Indigenous African Music (IAM) Transcription Project*. (2020). Consulté 4 avril 2023, à l'adresse <https://iamtranscriptions.org/iam-sheet-music/for-lesiba/mohololi/>
- MOLIKENG, M. (2017). *Traditional music in Lesotho*. Music in Africa. Consulté 4 avril 2023, à l'adresse <https://www.musicinafrica.net/magazine/traditional-music-lesotho>
- MORALES, M. A. (2008). *Hombre y naturaleza en la pintura mural teotihuacana*. In V. SOLANILLA DEMESTRE (Ed.), *Actas. Arte y arqueología en Teotihuacan : nuevos trabajos* (p. 14–18). Grup d'Estudis Precolombins, Departament d'art de La Universitat Autònoma de Barcelona.
 ISBN 978-84-608-0771-1
<https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/2914/naturaleza.pdf>
- music21 : A Toolkit for Computer-Aided Musicology*. (s. d.). Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <http://web.mit.edu/music21/>

Music for solo performer | IDIS. (2023). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://proyectoidis.org/music-for-solo-performer/>

Myron Kreuger - Video lugar – 1989 Consulté 5 septembre 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=dqZyZrN3PI0>

N

NEEDHAM, J. (1998). *Science and civilisation in China. Vol. VII : 1, by Christoph Harbsmeier* (p. 238-241). Cambridge University Press.

<https://s3.amazonaws.com/arena-attachments/353576/c586739e8411ec68bd3d4d7b2249849d.pdf>

Nexus Web Audio Interfaces. (s. d.). Consulté 10 novembre 2022, à l'adresse <https://nexus-js.github.io/ui/>

NG, A. (2010). *When Users are Authors. Authorship in the Age of Digital Media*. Vanderbilt Journal of Entertainment & Technology Law, 12(3), p. 853-870. <https://scholarship.law.vanderbilt.edu/jetlaw/vol12/iss3/12>

NICOLAS, N. (2022). *François Bernard Mâche - « La musique : Comment, pourquoi? »* (Séminaire Mamuphi 1^o octobre 2022, Ircam). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=xgWRYDQHLSM>

NO IDEAS BUT IN THINGS - The Composer Alvin Lucier—Music for Solo Performer. (s. d.). Consulté 25 avril 2023, à l'adresse http://www.alvin-lucier-film.com/solo_performer.html

O

O'NEILL, M. (2007). *Ephemeral Art: Mourning and Loss* (p. 122–123). Loughborough University. <https://core.ac.uk/download/pdf/288389941.pdf>

OpenBCI, Galea. Online Store (2023). Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://shop.openbci.com/products/galea>

OpenBCI | Downloads. (2022). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://openbci.com/downloads>

OpenMusic | Ircam Forum. (2023). Consulté 27 avril 2023, à l'adresse <https://forum.ircam.fr/projects/detail/openmusic/>

P

PAIGE, Y. (2018). *Who Am I? : Questions of Digital Identity and Authorship – Digital Cultures '18*. Consulté 22 avril 2022, à l'adresse <https://blogs.uoregon.edu/pyorkdigital/2018/11/27/who-am-i-questions-of-digital-identity-and-authorship/>

PAUL, C. (2019). *Introduction. From Digital to Post-Digital - Evolutions of an Art Form*. In *A companion to digital art* (p. 1-11). Wiley Online Books.
<https://doi.org/10.1002/9781118475249.ch0>

PESCE, S., & NOTO, P. (2016). *The Politics of Ephemeral Digital Media: Permanence and Obsolence in Paratexts*. In S. Pesce & P. Noto (Eds.), *The Politics of Ephemeral Digital Media* (p. 1–7). Routledge.

PICARD, D. (1992). *De la communication à l'interaction : L'évolution des modèles*. *Communication & Langages*, 93(1), p. 70-72 <https://doi.org/10.3406/colan.1992.2380>

PlayArt by Ed Tannenbaum (Recollections 1) Consulté 5 septembre 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=y3nwMOY0eWQ&t=1s>

POMPELLA, M. et MATOUSEK, R. (2021). *The Palgrave Handbook of FinTech and Blockchain* (p. 478). Springer Nature. ISBN 978-3-030-66433-6.

Projet collaboratif avec Shihong REN, sur son environnement en ligne, JSPatcher Disponible à l'adresse <https://jspat.shren.site/dist/?projectZip=https://static.shren.site/reflex-in/project.zip>

PULVER, J. (1920). *The Secular Music of Ancient Egypt*. *The Musical Times*, 61(928), p. 408-410. <https://doi.org/10.2307/908606>

Q -

R

RAHN, J. (1996). *Perceptual Aspects of Tuning in a Balinese Gamelan Angklung for North American Students*. *Canadian University Music Review*, 16, N° 2, p. 17-20.
<https://doi.org/10.7202/1014424ar>

RASCH, R. (2008). *Tuning and Temperament*. In CHRISTENSEN, T. *The Cambridge History of Western Music Theory* (p. 193-222). United Kingdom: Cambridge University Press.

Reappropriating Lesotho's Cultural Heritage Through New Media. (s. d.). Morija Museum. Consulté 4 avril 2023, à l'adresse <https://www.morijamuseum.org/indigenoumusic>

[recode] Ryoji Ikeda / Dataplex / 2005—YouTube. (2020). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=CMceM5KDj2o&t=9s>

REGIMBEAU, G. (2013). *Classifier les œuvres d'art : Catégories de savoirs et classements de valeurs*. *Hermès, La Revue*, 66(2), p. 60. Consulté 13 juin 2022, à l'adresse <https://doi.org/10.4267/2042/51553>

rgb4d—Adam Ferriss. (2014). Consulté 27 mars 2023, à l'adresse <https://amf.fyi/rgb4d>

RIEBER, A. (2009). *L'art comme forme symbolique*. *Appareil*, 3, Article 3, p. 2-7.
<https://doi.org/10.4000/appareil.825>

- RIQUIER, C. (2011). *Herméneutique du symbole et herméneutique du soi : Paul Ricœur et la logique du double sens*. *Alter. Revue de phénoménologie*, p. 19, Article 19.
<https://doi.org/10.4000/alter.1419>
- RIVERA MATUS, J. M. (2022). *Estudio analítico de la música microtonal del siglo XX* (p. 13-58) [Tesis para obtener el grado de Maestro en Música].
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/52583/RiveraMatusJose.pdf?sequence=3>
- ROIG-FRANCOLÍ, M. A. (2008). *Understanding Post-Tonal Music* (p. 360-361). McGraw-Hill Education.
ISBN 978-0-07-293624-7.
- ROMAN, R., ZHOU, J., & LOPEZ, J. (2013). *On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things*. *Computer Networks* 57(10), p. 2266-2279.
<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2012.12.018>
- ROMAY R. (2023). *Flowers Made out of Sky ; violin, VR & EEG composer*. Consulté 15 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=rxAMD7otgBE>
- ROMAY, R. (2023). *EEG music*. Consulté 27 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=G11EF9eohnc>
- ROMAY R. (2023). *OpenBCI data sur JSPatcher*. Consulté 27 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=K66u9oaXn6s>
- ROMAY R. (2023). *Le village dans la montagne. Data based music and AI visuals*. Consulté 27 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=xl-iGophsqY>
- ROMAY R. (2023). *Gesture recognition and experiments with multiple synthesis. Fluid and discontinuous corpus*. Consulté 10 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=rmXxSUxX-B8>
- ROMAY R. (2023). *Webearth screen_recording*. Consulté 10 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=RA8Vz6xV6No>
- ROMAY, R. (2022-2023) *PyComposition*. Google Colaboratory. Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://colab.research.google.com/drive/1MCcV3tv9PYT0YrWC0UV5wI0GRcbamcdm?usp=sharing>
- ROMAY, R. S. (2022). *Creation Of Tools and Materials For Music Composition From Data and Metadata*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6796396>
- ROMAY, R. (2022). *Plants data (humidity, temperature and conductivity) to music score, « Blooming »*. Consulté 14 avril, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=LelcuN9ev4c>
- ROMAY, R. (2022). *XR Matisse. Ateliers UCA JEDI JUNIOR au CIRM*. Consulté 15 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=Hu4k9AJabjg>

ROMAY, R. (2022) *Weather based composition*, « *Fréquence Terre* ». Consulté 10 avril 2023, à l'adresse https://www.youtube.com/watch?v=_Hlvm_NoqJ8

ROMAY, R., TRUBERT, J.-F., LINGRAND, D., & SASSATELLI, L. (2021). *Interaction guidée par machine learning pour la composition musicale gestuelle d'objets sonores non-conventionnels. Drôles d'objets : un nouvel art de faire*. <https://hal.science/hal-03618770>

ROMAY, R. (2021). *Le Tour du Monde en Réalité Mixte » III #meteovalberg- Controverse numérique #5 Le Hublot VR*. Consulté 10 avril 2023 à l'adresse https://www.youtube.com/watch?v=_HuL0_8pZ2c [À partir de 3'18"]

ROMAY, R. (2021). *Connexion OSC Max Msp Unreal Engine / Démonstration*. Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=7LoHxJ9X0wk>

ROMAY, R. (2020). *Météorologie Sonore [Extrait 14 avril]*. Consulté 10 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=DtNzOVhSn90>

ROMERO, J. A. V. (2020). *Sonificación de flujo de datos. Un análisis transversal de la obra de Alva Noto y Ryoji Ikeda* (p. 97-101). UMA Editorial, Universidad de Málaga. <https://hdl.handle.net/10630/20974>

ROUGET, G., & SCHWARZ, J. (1976). *Chant fuégien, consonance, mélodie de voyelles*. *Revue de Musicologie*, 62(1), p. 5-24. <https://doi.org/10.2307/928564>

ROWELL, L. (2002). *Review of Music in the Age of Confucius*. *Journal of Asian History*, 36(2), p. 206-208.

ROY, R. (1988). *Être et êtres chez deux philosophes du XIIIe-XIIIe siècles : Zhu Xi et Thomas d'Aquin*. *Laval Théologique et Philosophique*, 44(1). p.103-115. <https://doi.org/10.7202/400362ar>

RUFF, C. (2002). *Variation in Human Body Size and Shape*. *Annual Review of Anthropology*, 31, p. 211-232.

Ryoji Ikeda | supersymmetry. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse <https://www.ryojiikeda.com/project/supersymmetry/>

Ryoji Ikeda | micro | macro. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse https://www.ryojiikeda.com/project/micro_macro/

Ryoji Ikeda | datamatics. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse <https://www.ryojiikeda.com/project/datamatics/>

S

SOLOMOS, M. (2023). *Exploring the Ecologies of Music and Sound* (J. Higgins, Trans.; p. 1–5). Routledge.

SAMANCI, O., & CANIGLIA, G. (2019). *You are the Ocean : Interactive Installation*. Proceedings of the 2019 on Creativity and Cognition, p. 414-421. <https://doi.org/10.1145/3325480.3329179>

SCHIUMA, G. et CARLUCCI, D., (2018). *Big Data in the Arts and Humanities: Theory and Practice* (p. 15-21). CRC Press. ISBN 978-1-351-17259-2.

SCHUBERT, A. (2021). *Switching worlds* (p. 21-107). Hofheim am Taunus : Wolke Verlag. ISBN 978-3-95593-110-
https://www.wolke-verlag.de/wp-content/uploads/2021/01/Schubert_SwitchingWorlds_englisch.pdf

SCHUBERT A. (2021) *Asterism*. Consulté 1 septembre 2022, à l'adresse : <https://www.alexanderschubert.net/works/Asterism.php>

SCHUBERT A. (2022) *AV3RY: LIVE-STREAM*. Consulté 1 septembre 2022, à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=NJyi5INRCek>

SCHWAB, K. (2016). *La Quatrième Révolution Industrielle*. World Economic Forum, Cologny , Switzerland. Traduction française par Dunod, Malakoff, 2017. p. 25-26
Consulté 14 juin 2022, à l'adresse <https://fr.scribd.com/document/502566819/La-Quatrieme-Re-volution-Industrielle-Klaus-Schwab>

SCOTT, A. (2006). *Zhu Xi, on Principle as the Nature of Reality*. Consulté 25 novembre 2022, à l'adresse <https://www.angelfire.com/md2/timewarp/zhuxi.html>

SOLOMOS, M. (2013). *De la musique au son. L'émergence du son dans la musique des XX^e-XXI^e siècles* (p. 3-11). Presses universitaires de Rennes. <https://hal.science/hal-00769893>

SAVETTIERI, C. (2009). « *L'Art ne reproduisait pas seulement, mais il créait les dieux.* » *Quatremère de Quincy entre archéologie, histoire de l'art et approche anthropologique*. Les actes de colloques du musée du quai Branly Jacques Chirac, 1, Article 1, p. 2-3. <https://doi.org/10.4000/actesbranly.82>

SEEGER, A. (2004). *Why Suyá Sing: A Musical Anthropology of an Amazonian People* (p. 65-74). University of Illinois Press.

Stelarc's Prosthetic Head (2003) (Revised 2011), Consulté 7 septembre 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=sPPI6bXubiY>

STERN, D. N. (2010). *Les formes de vitalité : psychologie, arts, psychothérapie et développement de l'enfant*. Odile Jacob. 224 p.

T

TARANILLA DE LA VARGA, C. J. (2021). *Breve historia del Arte Precolombino* (p. 9-103) (Vol. 4). Nowtilus. Consulté 4 août 2022, à l'adresse <https://es.scribd.com/book/569694783/Breve-historia-del-arte-precolombino-Arte-4>

- TATARKIEWICZ, W. (1963). *Classification of Arts in Antiquity*. Journal of the History of Ideas, 24(2), p. 231-238. <https://doi.org/10.2307/2707847> .
- TATTERSALL, I. (2012). *Masters of the planet: seeking the origins of human singularity* (p. 28). Palgrave Macmillan.
- TAVIN, K., KOLB, G., & TERVO, J. (2021). *Introduction: It's All Over! Post-digital, Post-internet Art and Education*. In K. TAVIN, G. KOLB, & J. TERVO (Eds.), *Post-digital, post-internet art and education : the future is all-over* (p. 1–5). Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-73770-2>
- TENZER, M. (1998). *Balinese music* (p. 43–55). Periplus Editions.
- The AlloSphere Research Facility*. (s. d.). Consulté 21 mars 2023, à l'adresse <https://allosphere.ucsb.edu/>
- « *The Art of Improvisation* » - TAOI 2021/I Part 3. Consulté 10 avril 2023 à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=i8kZ2SUOL0I&t=240s>
- THE DENVER POST (2021). *Ana Maria Hernando celebrates female power in nature at new Denver Botanic Gardens exhibit*. Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://www.denverpost.com/2021/11/08/denver-botanic-gardens-ana-maria-hernando-fervor/>
- TIFFON, V. (1992). *L'œuvre mixte de F.B. Mâche. Un modèle du genre* (p. 97-98). In Les Cahiers du CIREM, Centre International de Recherches en Esthétique Musicale, N°22-23.
- Tone.js*. (s. d.). Consulté 10 novembre 2022, à l'adresse <https://tonejs.github.io/>
- TONER, P. G. (2003). *Melody and the Musical Articulation of Yolngu Identities*. Yearbook for Traditional Music, 35, p. 75-92. <https://doi.org/10.2307/4149322>
- TONER, P. G. (2001). *When the Echoes are Gone: A Yolngu Musical Anthropology* (p. 75–285) [Thesis, The Australian National University]. https://www.academia.edu/98711714/When_the_echoes_are_gone_a_Yolngu_musical_anthropology
- Touch Board*. (s. d.). *Bare Conductive*. Consulté 15 avril 2023, à l'adresse <https://www.bareconductive.com/collections/touch-board>
- Tracking | Leap Motion Controller | Ultraleap*. (s. d.). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://www.ultraleap.com/product/leap-motion-controller/>
- Travis Scott and Fortnite Present: Astronomical (Full Event Video)*, 2020. Consulté 1 septembre 2022, à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=wYeFAIVC8qU>

U

Ultracortex « Mark IV » EEG Headset. (2023). OpenBCI Online Store. Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://shop.openbci.com/products/ultracortex-mark-iv>

Ultracortex Mark IV | OpenBCI Documentation. (2022). Consulté 16 avril 2023 à l'adresse <https://openbci.github.io/AddOns/Headwear/MarkIV/>

Unburn It. Consulté 1 septembre 2022, à l'adresse : <https://unburn.it>

Unreal Engine 4.26 released! - Unreal Engine. (2020). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/unreal-engine-4-26-released>

UPJOHN, E. M., WINGERT, P. S., & MAHLER, J. G. (1958). *History of World Art* (p. 3-54) (Second edition). Oxford University Press.

URSYN, A. (2012). *Biologically-Inspired Computing for the Arts: Scientific Data through Graphics: Scientific Data through Graphics* (p. 125-149). IGI Global. ISBN 978-1-4666-0943-3.

V

VB-Audio Virtual Apps. (s. d.). Consulté 15 avril 2023, à l'adresse <https://vb-audio.com/Cable/>

VERNER, L. (2005). *L'interdiscipline à l'œuvre dans l'art. Marges. Revue d'art contemporain*, 04, p. 30-44. <https://doi.org/10.4000/marges.726>

VERTEDOR-ROMERO, J. A., & ALONSO-CALERO, J. M. (2021). *Inmersión sonora y microsonido. Estudio de caso de la obra de Alva Noto y Ryoji Ikeda. Espacio Tiempo Y Forma. Serie VII, Historia Del Arte*, (9), p. 312–328. <https://doi.org/10.5944/etfvii.9.2021.30521>

VEYRAT, M. (2015). *100 notions pour l'art numérique* (p. 67). Les éditions de l'Immatériel.

Vigiles—François-Bernard Mâche. Ensemble Variances. Consulté 20 juin 2022, à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=uttBBKsENCU>

VINCS, R. (2017). *That Is the Question: the nature and scope of the research question within practice-led artistic research*. In: BURKE, R. et ONSMAN, A. (2017) *Perspectives on Artistic Research in Music* (p. 47-53). Lexington Books. ISBN 978-1-4985-4482-5

Viking Shoppers, 1999-2001. Consulté 6 septembre 2022, à l'adresse <https://vimeo.com/62559294>

VON HORNBOSTEL, E. M. (1936). *Fuegian Songs. American Anthropologist*, 38(3), 357-367. <https://www.jstor.org/stable/662181>

VON HORNBOSTEL, E. M. (1913). *Melodie und Skala* (p. 11-23). *Jahrbuch der Musikbibliothek Peters für 1912*. <https://archive.org/details/melodieundskala00horn/page/18/mode/2up>

W

- WAKEFIELD, G., & JI, H. (HYUNKYUNG). (2009). *Artificial Nature: Immersive World Making*. In M. GIACOBINI, A. BRABAZON, S. CAGNONI, G. A. DI CARO, A. EKÁRT, A. I. ESPARCIA-ALCÁZAR, M. FAROOQ, A. FINK, & P. MACHADO (Éds.), *Applications of Evolutionary Computing* (p. 597-602). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01129-0_68
- WATTS, A. (2022) *The Tao Philosophy (Part 7)*. Consulté 20 novembre 2022, à l'adresse <https://alanwatts.org/transcripts/the-tao-of-philosophy-7/>
- WATTS, A. (2020). *El camino del Tao*. Édition numérique en espagnol. Editorial Kairós. Consulté 4 août 2022, à l'adresse <https://es.scribd.com/book/482052931/El-camino-del-Tao>
- WATTS, A. (2011). *Tao: The Watercourse Way* (p. 21-26). Souvenir Press. https://fr.scribd.com/read/369838348/Tao-The-Watercourse-Way-The-Watercourse-Way#_search-menu_885528
- Way Before Eyetoy & Kinect, Amiga had Mandala*. Consulté 5 septembre 2022, à l'adresse https://www.youtube.com/watch?v=_Y3uyTCIAHA
- Weather API - OpenWeatherMap*. (2023). Consulté 27 avril 2023, à l'adresse <https://openweathermap.org/api>
- Weather Sounds*. Projet collaborative avec REN Shihong et son environnement en ligne, JSPatcher <https://jspat.shren.site/dist/?projectZip=https://static.shren.site/weathersounds/project.zip&file=weathersounds.jspat>
- « *Weather Sounds* », *screen recording*. Consulté le 14 avril, à l'adresse <https://youtu.be/RA8Vz6xV6No>
- Wekinator | Software for real-time, interactive machine learning*. (s. d.). Consulté 16 avril 2023, à l'adresse <http://www.wekinator.org/>
- Welcome to JackTrip*. (s. d.). Consulté 18 avril 2023, à l'adresse <https://jacktrip.github.io/jacktrip/index.html>
- WEST, M. L. (1992). *Ancient Greek Music* (p. 1–30). Clarendon Press.
- What is Max? | Cycling '74*. (s. d.). Consulté 12 avril 2023, à l'adresse <https://cycling74.com/products/max>
- WHITE, T. D., ASFAW, B., DEGUSTA, D., GILBERT, H., RICHARDS, G. D., SUWA, G., & CLARK HOWELL, F. (2003). *Pleistocene Homo sapiens from Middle Awash, Ethiopia*. *Nature*, 423(6941), Article 6941, p. 742-747. <https://doi.org/10.1038/nature01669>

XENAKIS, I. (1963). *Musiques formelles : Nouveaux principes formels de composition musicale* (p. 9-31). La revue musicale. Éditions Richard-masse. Consulté 12 juin 2022, à l'adresse https://www.iannis-xenakis.org/wp-content/uploads/2021/02/Musiques_Formelles.pdf

Y

YANG, X-S. (éd.), 2020. *Nature-Inspired Computation and Swarm Intelligence: Algorithms, Theory and Applications* (p. 42-52). Elsevier. ISBN 978-0-12-819714-1. <https://www.scribd.com/book/455812802/Nature-Inspired-Computation-and-Swarm-Intelligence-Algorithms-Theory-and-Applications>

You are the Ocean / Brainwave. (2017). Consulté 24 avril 2022, à l'adresse <https://vimeo.com/232792092>

YOUNGER, J. G. (1998). *Music in the Aegean Bronze Age* (p. 1-54). Paul Åströms Förlag. <https://kuscholarworks.ku.edu/handle/1808/5477>

YU-LAN, F. (1997). *A short history of Chinese philosophy: a systematic account of Chinese thought from its origins to the present day* (Derk Bodde). The Free Press. p. 383-413 Consulté 18 septembre 2022, à l'adresse <https://www.scribd.com/book/335820154/A-Short-History-of-Chinese-Philosophy>

Z

ZHOU, D. (2009).. *Explanation of the Supreme Polarity Diagram (Taijitu Shuo)* (Adler, J. A. Trad., p. 6). Consulté 22 novembre 2022, à l'adresse <https://www2.kenyon.edu/Depts/Religion/Fac/Adler/Writings/TJTS-Zhu.pdf>

ZHU, R., LIU, L., MA, M. et LI, H. (2020). *Cognitive-inspired Computing: Advances and Novel Applications* (p. 707-708). Elsevier.

Annexes

I.	Code pour dispositifs Arduinos, <i>Green Meditation</i>	
a.	Récepteur	299
b.	Transmetteur	300
II.	Partition originale et inversée. « Nice <i>PyComposition Test</i> »	304
III.	Partitions :	
a.	<i>Fréquence Terre</i>	305
b.	<i>Blooming</i>	339
c.	<i>Le village dans la montagne</i>	373
d.	<i>Flores hechas de cielo / Flowers made up of sky</i>	390

I. Code pour dispositifs Arduinos, *Green Meditation*

a. Récepteur :

```
// Code for the base (receiver) Romina S. Romay
#include "nRF24L01.h" //NRF24L01 library created by TMRh20
https://github.com/TMRh20/RF24
#include "RF24.h"
#include "SPI.h"
#include <CapacitiveSensor.h>
#include<math.h>

long total1[1] = {0000}; // Used to store value received by the NRF24L01
float data[3];
RF24 radio(9,10); // NRF24L01 SPI pins

const uint64_t rAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL,
0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B60FLL, 0xB3B4B5B605LL };

void setup(void)
{
  radio.begin(); // Start the NRF24L01

  radio.openReadingPipe(0,rAddress[0]);
  radio.openReadingPipe(1,rAddress[1]);
  radio.openReadingPipe(2,rAddress[2]);
  radio.openReadingPipe(3,rAddress[3]);
```

```

radio.openReadingPipe(4,rAddress[4]);
radio.openReadingPipe(5,rAddress[5]);

radio.startListening();          // Start listening for messages
Serial.begin(9600);

}

void loop(void)
{
  byte pipeNum = 0; //variable to hold which reading pipe sent data
  byte gotByte = 0; //used to store payload from transmit module

  while(radio.available(&pipeNum)){
    radio.read(data, sizeof(data));
    delay(10);
    if(pipeNum == 0) { //if true they guessed wrong
      Serial.println((String) " a"+data[0]+" b"+data[1]+" c"+data[2]);
    }
    if(pipeNum == 1) { //if true they guessed wrong

      Serial.println((String) " d"+data[0]+" e"+data[1]+" f"+data[2]);
    }
    if(pipeNum == 2) { //if true they guessed wrong
      Serial.println((String) " g"+data[0]+" h"+data[1]+" i"+data[2]);
    }
    if(pipeNum == 3) { //if true they guessed wrong
      Serial.println((String) " j"+data[0]+" k"+data[1]+" l"+data[2]);
    }
    if(pipeNum == 4) { //if true they guessed wrong
      Serial.println((String) " m"+data[0]+" n"+data[1]+" o"+data[2]);
    }
    if(pipeNum == 5) { //if true they guessed wrong
      Serial.println((String) " p"+data[0]+" q"+data[1]+" r"+data[2]);
    }
  }
  delay(10);
}

```

I. Code pour dispositifs Arduinos, *Green Meditation*

b. Transmetteur :

```

// Code for the transmitters (plants) Romina S. Romay
#include "nRF24L01.h" //NRF24L01 library created by TMRh20
https://github.com/TMRh20/RF24
#include "RF24.h"

```

```

#include "SPI.h"
#include <CapacitiveSensor.h>
#include<math.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>

#define THERMISTOR A0 //thermistor @ A0
#define MOISTURE A1 //moisture sensor @ A1
#define ONE_WIRE_BUS 3

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

CapacitiveSensor cs_4_2 = CapacitiveSensor(4,2); // 10M resistor between pins 4 & 2,
pin 2 is sensor pin

float data[3];
int cnt = 0;
int in = 2;
int out = 4;
int state = HIGH;
int r;
int p = LOW;
long time = 0;
long debounce = 5;
long total1;
long prevtotal1;
float Moisture = {00000};
float Temperature = {00000};
float Voltage = {00000};

RF24 radio(9,10); // NRF24L01 used SPI pins

#define WHICH_NODE 5 // must be a number from 1 - 6 identifying the PTX node,
number (index) of transmitter

const uint64_t wAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL,
0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B60FLL, 0xB3B4B5B605LL};

const uint64_t PTXpipe = wAddress[ WHICH_NODE - 1 ]; // Pulls the address from the
above array for this node's pipe

double getTemperature(float thermistorReading) {
/** returns calculated Celcius temperature */
//Steinhart-Hart equation from source: https://www.ametherm.com/thermistor/ntc-
thermistors-steinhart-and-hart-equation
double temp = log(10000.0 * (( 1023.0 / thermistorReading - 1)));
temp = 1 / (0.001129148 + (0.000234125 + (0.0000000876741 * temp * temp )) * temp );

```

```

//subtract 273.15 to convert from Kelvin to Celcius
temp = (temp - 273.15) * 100;

//calibrated with cold and hot temperatures, constant gap of ~ 6 degrees
temp += 6;
return temp;
}
double getMoisture(float moistureReading) {
  /** returns moisture %, where moistureReading ranges from 0 (underwater) to 1023 (bone
dry) */
  double moisture = 100.0 - (100.0 * (moistureReading / 1023.0));
  return moisture;
}
void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);

  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);

  radio.begin(); // Start the NRF24L01
  radio.openReadingPipe(0,PTXpipe); //open reading or receive pipe
  radio.stopListening(); //go into transmit mode
}
void loop(void)
{
  prevtotal1 = total1;
  total1 = cs_4_2.capacitiveSensor(30);
  long start = millis();
  long total1 = cs_4_2.capacitiveSensor(30);

  sensors.requestTemperatures() ;
  float Temperature = (sensors.getTempCByIndex(0));
  Moisture = (float(getMoisture(analogRead(MOISTURE))));
  Voltage = (long(cs_4_2.capacitiveSensor(30)));

  Serial.print(total1);          // print sensor output 1
  Serial.print("\t");
  Serial.println(float(getMoisture(analogRead(MOISTURE))));
  Serial.print("\t");
  Serial.println(Temperature);
  Serial.print("\t");

  if (total1 >= (prevtotal1+17) || total1 <= (prevtotal1-17)) {
    cnt++;
  }
  if(cnt == 1){

```

```
digitalWrite(5, HIGH);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(7, LOW);
}
if(cnt == 2){
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(7, LOW);
}
if(cnt == 3){
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(7, HIGH);
}
if(cnt > 3){
cnt = 1;
}
p = r;
data[0] = (Temperature);
data[1] = (Moisture);
data[2] = (Voltage);

radio.openWritingPipe(PTXpipe);
radio.write(data, sizeof(data));
delay(10);
}
```

II. Partition originale et inversée. « Nice PyComposition Test »

First Score Nice PyComposition

Musical score for 'First Score Nice PyComposition'. The score is written in bass clef with a common time signature (C). It consists of 141 measures, with measure numbers 5, 9, 12, 15, 18, 23, 26, 29, 34, 40, 45, 51, 57, 62, 67, 71, 76, 81, 86, 92, 97, 103, 108, 114, 119, 125, 130, 136, and 141 indicated. The notation includes various rhythmic values, accidentals, and phrasing slurs.

First Score Reversed Nice PyComposition Test

Musical score for 'First Score Reversed Nice PyComposition Test'. The score is written in bass clef with a common time signature (C). It consists of 90 measures, with measure numbers 6, 11, 17, 23, 28, 31, 34, 37, 41, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 67, 70, 73, 76, 79, 83, 87, and 90 indicated. The notation includes various rhythmic values, accidentals, and phrasing slurs.

Romina Romay

Fréquence Terre

Pour soprano, chœur et orchestre

2

Romina Romay

Fréquence Terre

Pour soprano, chœur et orchestre

Piccolo
Flûte I
Flûte II
Hautbois I
Hautbois II
Clarinette en Sib I
Clarinette en Sib II
Clarinette basse en Sib
Basson I
Basson II
Cor en Fa I
Cor en Fa II
Trompette en Sib I
Trompette en Sib II
Trombone ténor I
Trombone ténor II
Trombone basse III
Tuba
Harpe
Solo soprano
Soprano
Alto
Baryton
Basse
Violons I
Violons II
Altos
Violoncelles
Contrebasse

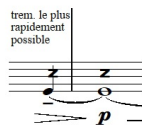
Romina Romay

Fréquence Terre

Pour soprano, chœur et orchestre

"Fréquence Terre" est une composition qui émerge de la musification d'une série de données météorologiques obtenues au cours de l'année 2020, traduites en partitions, puis modelées et orchestrées. Le but de la pièce est de s'accorder avec la "fréquence de la terre", de résonner avec ses rythmes et proportions internes, avec sa logique interne vitale.

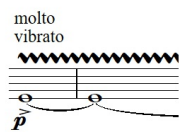
trem. le plus rapidement possible



p

Effectuez un trémolo aussi vite que possible.

molto vibrato



p

Vibrato ample

flz.



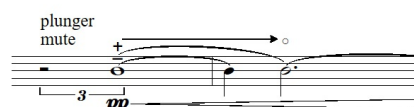
pp

Flutterzunge




Alternance entre la corde et le son harmonique naturel

plunger mute



pp

Progression entre le son avec sourdine et sans sourdine



mf

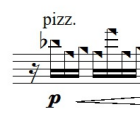
Quart de ton ascendant



mf

Quart de ton descendant

pizz.



p

Pizzicato

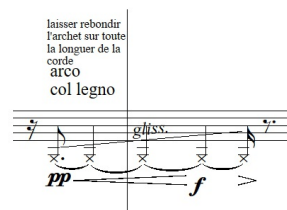
son éolien



pp *mf* *f*

Son produit sans ton, simplement du vent

laisser rebondir l'archet sur toute la longueur de la corde arco col legno



pp *f*

Laisser rebondir l'archet sur toute la longueur de la corde

Fréquence Terre

Romina S. Romay

♩ = 120 Méditatif

The score is arranged in a standard orchestral layout. The woodwind section includes Piccolo, Flute I and II, Oboe I and II, Clarinet in Bb I and II, Bass Clarinet, Bassoon I and II, Horns in F I and II, Trumpets in Bb I and II, Trombones I and II, and Tuba. The brass section includes Trombone III. The strings section includes Violins I and II, Violas, Violoncelles, and Contrebasse. The vocal section includes Solo soprano, Soprano, Alto, Baryton, and Basse.

Woodwinds and Brass: The Bassoon I and II parts feature prominent *molto vibrato* markings. The Horns in F I and II parts are marked *straight mute*. The Tuba part includes *molto vibrato* markings. The Trombone I and II parts have *mp* and *mf* markings.

Vocalists: The vocal parts are primarily *Whispering*. The Solo soprano and Soprano parts include the instruction *Essayez d'imiter la prière de vos camarades*. The Alto part includes *Improvisez une prière à la planète Terre, dans la langue de votre choix*. The Baryton part includes *Tenez jusqu'à ce que vous soyez à bout de souffle* and the phonetic transcription *l'èr - tè / s'è / l'èr / tè*. The Basse part includes *Tenez jusqu'à ce que vous soyez à bout de souffle*.

Strings: The Violins I and II parts are marked *avec sourdine* and include *p* and *mp* markings. The Violas and Violoncelles parts include *p* and *mp* markings. The Contrebasse part includes *p* and *mp* markings.

34

B

FL I
Hhb. I
Hhb. II
Cl. I
Cl. II
Cl. B
Bsn. I
Bsn. II
Cr. I
Cr. II
Trp. I
Trp. II
Trb. I
Trb. II
Trb. B. III
Tb.
Solo S.
S.
A.
Bar.
B.
V. I
V. II
A.
A.
Vc.

mf *f* *p* *mf* *f* *ff* *p*

mf *mf* *f* *ff* *p*

mf *f* *ff* *p*

mf *p* *f* *ff* *p*

mf *p* *f* *ff* *p*

mf *f* *ff* *p*

mf *f* *ff* *p*

p *mf* *p* *mf* *mp*

p *mp* *p* *mf* *mp*

plunger mute *p* *mp* *p* *mf* *mp*

plunger mute *p* *mf* *mp* *mf*

mf *p* *p* *mf* *p*

p *mf* *p* *p* *mf* *p*

mf *p* *mf* *f* *ff*

f *p* *mf* *mp* *mf* *mp*

Whispering
**Improvisez une autre prière à la planète Terre,
dans la langue de votre choix**

mp *mf* *mp* *p* *f*

hum hum hum hum *Whispering*
Essayez de répondre à la prière de vos camarades

Port Mo res - by New York Syd - ney

Whispering
Essayez de répondre à la prière de vos camarades

hum hum hum /i/ /k/ /l/ /el - /el/

Whispering
Essayez de répondre à la prière de vos camarades

hum hum /i/ /k/ /l/ /el - /el/ Syd - ney

Whispering
Essayez de répondre à la prière de vos camarades

hum hum /i/ /k/ /l/ /el - /el/ O - rient - ta tion New du mètres vent Cou - ver - ture

Whispering
Essayez de répondre à la prière de vos camarades

hum hum /i/ /k/ /l/ /el - /el/ Zé - ro mi - li - mètres par heu - re

B

p *mf* *mp* *mf* *mp* *mf* *mp* *mf* *mp* *f*

mf *mp* *mf* *mp* *mf* *mp* *f*

mf *mp* *mf* *mp* *mf* *mp* *f*

mf *mp* *f* *p* *mf*

46

FL I *mp* *mf* *p* *f* *gliss.*

FL II *mf* *mp* *f* *gliss.*

Hb. I *mf* *mf*

Hb. II *mf* *mf*

Cl. I *mp* *f* *mf*

Cl. B *mp* *mf* *mf*

Bsn. I *mf* *mp* *f* *gliss.* *mf*

Bsn. II *mf* *mp* *f* *mf*

Cr. I *mp* *mf* *mf* *f*

Cr. II *p* *mp* *mf* *p* *mf*

Trp. I *f* *f*

Trp. II *mf* *f* *f*

Trb. I *mp* *mf* *p* *f* *mf* *f*

Trb. II *mf* *mf* *mp* *mf* *p* *f* *mf* *f*

Trb. B. III *mp*

Tb. *mp*

Solo S. *p* *Zé*

S. *mp* *mf* *p* *f* *gliss.* *gliss.* *p* *Zé*

Syd Zé ro. mi - li mètres par heure

A. *mp* *mf* *p* *f* *Zé mètres par heure. heure. Cel - sus Zé par heure*

Bar. *mp* *mf* *p* *f* *gliss.* *p* *mi - li mètres par heure. Zé mi vir gule mètres par heure ro*

B. *p* *ro*

VI *mf* *mf* *f* *mf* *f* *ff*

VII *mp* *mf* *f* *mf* *f* *f*

A. *f* *mf* *f* *f*

Vc. *p* *f* *ff*

55 rit. $\text{C} = 90$

Picc. *mp* *p* *mp* *pp*

Fl. I *pp* *mf* son éolien

Fl. II *mf* son éolien

Hrb. I *f* *ff*

Hrb. II *f* *ff*

Cl. I *f* *ff* son éolien *pp* *mf* *f*

Cl. II *f* *ff* son éolien *f* *mf*

Cl. B *f* *ff* son éolien *pp* *mf*

Bsn. I *f* *ff* *mp* *mf*

Bsn. II *f* *ff*

Cr. I *p* wooden mute + *mf*

Cr. II *p*

Trp. I *mf* *ff* *p*

Trp. II *mf* *ff* *p*

Trb. I *mf* *f* *ff* *p*

Trb. II *mf* *f* *ff* *p*

Trb. B. III *f* *ff* *p*

Tb. *f* *ff* *mp* *p*

Solo S. *ff* *mp* *f* *f*

S. *ff* *mp* *f* *f*

A. *ff* *mp* *f* *f*

Bar. *ff* *mp* *f* *f*

B. *ff* *mp* *f* *f*

Whispering
Comptez successivement de 9 à 0

Whispering
Comptez successivement de 0 à 9

Whispering
Comptez successivement de 9 à 0

Whispering
Comptez successivement de 0 à 9

Whispering
Comptez successivement de 9 à 0

Whispering
Comptez successivement de 0 à 9

rit. $\text{C} = 90$

V. I *mf* *ff* *p* sans sourdine *mf* pizz. S.P. Divisi en 2

V. II *mf* *ff* *p* sans sourdine *mf* *mp* *f* Divisi en 2

A. *f* *mf* *ff* *p* sans sourdine *pizz.*

Vc. *mf* *ff* *p* sans sourdine *mf* S.P. *mp*

C. B. *mf* *ff* *p* sans sourdine *pp*

trm. le plus rapidement possible

Picc. *pp* *mf* *pp* *pp*

Fl. I *mf* *f* *pp*

Fl. II *ord.* *pp* *mf* *pp* *f* *ff* *pp*

Hrb. I *pp* *mf* *mp* *pp*

Hrb. II *pp* *mf* *pp*

Cl. I *f* *mf* *f* *ff* *pp*

Cl. II *f* *f* *f* *ff* *pp*

Cl. B *pp* *mf* *f* *pp* *ff* *pp* *ord.*

Bsn. II *pp* *mf* *pp*

Cr. I *f*

Cr. II *pp* *mf* *f* *pp* *gliss.* *pp*

Trp. I *pp* *mf* *p* *f* *pp* *mf* *f* *ord.* *p*

Trp. II *pp* *mf* *p* *f* *pp* *mf* *f* *ord.* *p*

Trb. I *pp* *mf* *p* *f* *pp* *mf* *f* *ord.* *p*

Trb. II *mf* *p* *mp* *p*

Trb. B. III *flz.* *pp* *mf* *p* *gliss.* *mp* *ord.* *pp*

Tb. *mp* *f* *mp* *p* *gliss.* *ord.* *pp*

Solo S. *f* *f* *f* *pp*

S. *f* *f* *f* *pp*

A. *f* *f* *f* *pp*

Bar. *f* *f* *f* *pp*

B. *f* *f* *f* *pp*

V. I *S.P.* *mf* *pp* *<mp>* *p* *f* *p* *<mf>* *pp* *f* *arco* *pp* *ord.* *pizz.* *mf* *ff*

V. II *ff* *f* *p* *<mf>* *p* *f* *pp* *mp* *pp* *mf* *p*

V. II *pp* *mp* *pp* *mp* *p* *gliss.* *mf* *p*

A. *pizz.* *mp* *f* *f* *ff* *pp* *mf* *p* *ord.* *f* *pp*

Vc. *ff* *pp* *pp* *mf* *S.P.*

C. B. *f* *ff* *pp* *mf* *pp* *pizz.* *mf*

79

Picc. *mp*

Fl. I *mp*

Fl. II *p* *f* *p* *mf* *p*

Hrb. I *mp*

Hrb. II *f* *p* *mf*

Cl. I *mp* *p* *f* *p* *mf* *p*

Cl. II *f* *p* *mf* *mp* *f* *mp*

Cl. B *mp* *f* *p* *mf* *mf* *p* *mf* *p* *mp*

Bsn. I *p* *mf* *p*

Cr. I *p* *gliss* *p* *mf* *p*

Cr. II *p* *gliss* *molto vibrato* *mf* *p* *mp* *p*

Trp. I *mf* *p* *mf* *p* *mp* *p*

Trp. II *mf* *f*

Trb. I *f* *p* *gliss*

Trb. B. III *p* *mf* *p*

Tb. *mf* *p* *mf* *p*

Hp. *mf* *f*

S. *f* *pp* *f* *mp* *mf* *mp* *ff*

A. *f* *pp* *f* *mp* *mf* *mp* *ff*

Bar. *f* *pp* *f* *mp* *mf* *mp* *ff*

B. *pp* *f* *mp* *mf* *mp* *ff*

La... Le... Hum... A - em... La... Am... Le Hu... La... Hum... Hu... am... Tem... Tem... Temps

V. I *mf* *S.T. arco* *mp* *mf* *gliss* *f* *ord.* *mp* *p*

V. II *mf* *p* *mp* *mf* *gliss* *f* *ord.* *mp* *p*

V. III *mf* *S.P.* *p* *mp* *mf* *gliss* *f* *ord.* *mp* *p*

A. *mf* *S.P.* *p* *mp* *mf* *gliss* *f* *ord.* *mp* *p*

A. *p* *mf* *p* *f* *p* *mf* *ord.* *f*

Vc. *mp* *f* *p* *mf* *ord.* *f*

C. B. *mf* *Sul E arco* *f* *p* *mf* *gliss* *f* *ord.* *mp* *p*

E

Picc.
 Fl. I
 Fl. II
 Hrb. I
 Hrb. II
 Cl. I
 Cl. II
 Cl. B
 Bsn. I
 Bsn. II
 Cr. I
 Cr. II
 Trb. I
 Trb. B. III
 Hp.
 S.
 A.
 Bar.
 B.
 V. I
 V. II
 V. II
 A.
 Vc.
 C. B.

Musical score for page 9, featuring various instruments and vocal parts. The score includes dynamic markings such as *mf*, *p*, *mp*, *f*, *ff*, and *gliss.*. It also includes performance instructions like *Type*, *S.P.*, and *gliss.*. The vocal parts (S., A., Bar., B.) have lyrics: "Type -", "Zé - ro.", "Ty - pe.", "Ty - pe.", "Zé - ro.", "Ty - pe.", "Ro.", "Temps". The score is marked with a section indicator 'F' at the top right and bottom right.

The score includes the following parts and their lyrics:

- Soprano (S.):** Buc nos Ai-rec Buc-c nos Aires
- Alto (A.):** Ai mé-rique A Ai - res. Buc
- Bass (B.):** f mi - Point séc li - mètres mi
- Voice Soloist (V.):** S.P. arco
- Lyrics:** Ro-sée Point ro - séc. mètres

The orchestration includes Piccolo (Picc.), Flutes I and II (Fl. I, Fl. II), Horns I and II (Hob. I, Hob. II), Clarinets I and II (Cl. I, Cl. II), Clarinet Bass (Cl. B.), Bassoons I and II (Bsn. I, Bsn. II), Cor Anglais I and II (Cr. I, Cr. II), Trumpets I and II (Trp. I, Trp. II), Trombones I, II, and III (Trb. I, Trb. II, Trb. B. III), Tuba (Tb.), Harp (Hp.), and Cymbals (C. B.).

G

Musical score for woodwinds and strings, measures 104-130. The score includes parts for Piccolo, Flutes I & II, Clarinets I & II, Bassoons I & II, Cor Anglais I & II, Trumpets I & II, Trombones I & II, Tuba, Horns, and Solo Saxophone. The Solo Saxophone part includes lyrics: "Me-xi-que Sao-Paulo Me-xi-que Ai-res Buenos Me-xi-que".

G

Musical score for strings and Solo Saxophone, measures 104-130. The score includes parts for Violins I & II, Violas, Cellos, Double Basses, and Solo Saxophone. The Solo Saxophone part continues with lyrics: "li-mètres ro-sée".

113

Picc. *p* *mf* *p* *f* *p* *f* *p* *tr*

Fl. I *p* *mf* *p* *f* *p* *f* *p* *mp*

Fl. II *mf* *p* *f* *p* *f* *p* *f* *mp*

Hob. I *mf* *f* *f* *mp*

Hob. II *mf* *f* *f* *mp*

Cl. I *p* *mf* *p* *f* *p* *f* *p* *f*

Cl. II *mf* *p* *f* *p* *f* *p* *f* *f*

Cl. B *p* *mf* *p* *f* *p* *f* *p* *f*

Bsn. I *mf* *f* *mf* *f* *mp*

Bsn. II *mf* *f* *mf* *f* *mp*

Cr. I *mf* *p* *mf* *p*

Cr. II *mf* *mp* *mf* *mp* *p*

Trp. I *mf* *mp* *mf* *p*

Trp. II *mf* *mp* *mf* *p*

Trb. I *mf* *mp* *gliss.* *mf*

Trb. II *mf* *mp* *gliss.* *mf*

Trb. B. III *p* *mp* *mf* *p* *mf*

Tb. *mp* *mf* *mp* *p*

Solo S. *mf* *f* *p* *mp*

S. *mf* *f* *p* *mp*

A. *mf* *f* *p* *mp*

Bar. *mp* *mf* *f* *mp*

B. *mp* *mf* *f* *mp*

V. I *mp* *f* *p* *f*

V. I *f* *p* *f*

V. II *mp* *f* *p* *f*

V. II *p* *f* *f*

V. II *p* *f* *f*

A. *p* *f* *p* *f*

Vc. *pizz.* *p* *f* *p* *f* *ff* *p*

C. B. *ff* *p* *f* *p* *f* *ff* *p*

Mé - xi - co - Sto - ckholm.

Buc - Le Caire.

Eu - rope. A

pour cent quatre vir - gule pour cent mètres rien se - tion

pour cent Tem - pé - ra - ture a - ppa - ren - te O par ta - conde

118

Picc. *mf* *p* *mf*

Fl. I *mp* *f* *mf*

Fl. II *mf* *f* *mp* *p*

Hh. I *f* *mf*

Hh. II *f* *mp* *p*

Cl. I *f* *p* *mp* *f*

Cl. II *f* *mp* *mp* *f*

Cl. B *f* *p* *mf*

Bsn. I *f* *mp* *mf*

Bsn. II *f* *mp*

Cr. I *f* *p*

Cr. II *f* *mp* *p* *mp*

Trp. I *f* *mp* *p*

Trp. II *f* *mp* *p*

Trb. I *f* *mp* *p*

Trb. II *f* *mp* *p* *mp*

Trb. B. III *mf* *p* *gliss.* *gliss.*

Tb. *f* *p* *mf* *p*

Solo S. *f* *p* *mf*

S. *f* *p*

A. *f* *p* *mf*

Bar. *f* *mf* *f*

B. *f* *mf* *f*

V. I *p* *ff* *p* *f* *p* *ff* *mp*

V. II *p* *ff* *p* *f* *f* *< ff - < ff - < ff - < ff - >*

A. *p* *ff* *p*

Vc. *p* *f* *mp* *f* *mp* *f* *p*

C. B. *pizz.* *arco* *mp* *mf* *p* *f* *mp* *f* *p* *mf*

Solo S. ma ty du Sud du Sud

S. ma ty du Sud du Sud

A. mé rique Eu dix du Hu

Bar. mètres et se Dix vir gule de grés Cel - cius vir - gule

B. nord par sud Dix vir de grés dix Cel - cius vent sud

H

The score includes parts for Piccolo, Flutes I and II, Horns I and II, Clarinets I and II, Bassoons I and II, Cor Anglais I and II, Trumpets I and II, Trombones I and II, Bass Trombone, Tuba, Solo Soprano, Soprano, Alto, Baritone, Bass, Violin I and II, Viola, Cello, and Double Bass. The vocal parts include Solo Soprano, Soprano, Alto, Baritone, and Bass. The music is marked with various dynamics such as *ff*, *mf*, *mp*, and *f*. It also includes performance directions like *gliss.*, *tr*, *arco*, and *ord*. A rehearsal mark **H** is placed at the beginning of the section. The vocal parts include lyrics in French.

Vocal Lyrics:
 Solo S.: L'île li - mètres. Sto ckholm.
 S.: L'île Bou - vet. Kol - ka - ta
 A.: mi di - té
 Bar.: mi li - mètres
 B.: In par
 ten

128

Picc. *mp* *f* *mp*

Fl. I *f* *mf* *mp*

Fl. II *mp* *f* *mp*

Hrb. I *mp* *f* *f*

Hrb. II *f* *mp* *f* *mp* *gliss.*

Cl. I *mf* *f* *mp*

Cl. II *f* *mf* *mp*

Cl. B *mf* *f* *mp*

Bsn. I *mf* *f* *mp*

Bsn. II *mf* *f* *mp*

Cr. I *f* *mp* *f* *mp* *f*

Cr. II *f* *mp* *f* *mp* *f*

Trp. I *mp* *mf* *mp* *f* *mp* *f* *gliss.*

Trp. II *mf* *f* *f* *gliss.*

Trb. I *f* *mf* *f*

Trb. II *mf* *f* *gliss.*

Trb. B. III *mf* *f*

Tb. *f* *mp* *f* *mp* *f*

Solo S. *f* *mf* *f* *ff*

S. *mf* *f* *ff*

A. *mf* *f* *ff*

Bar. *f* *mf* *mf* *mf*

B. *mf* *f* *mf* *mf*

V. I *mp* *mf* *gliss.* *ff* *ST*

V. II *mp* *mf* *gliss.* *gliss.* *gliss.* *gliss.* *ff* *ST*

A. *mp* *mf* *gliss.* *ff* *ST*

Ve. *mp* *mf* *gliss.* *f*

C. B. *SP* *mf* *mp* *f* *mf* *f* *mp* *ff*

C. B. *mp* *f* *mp* *ff*

L'île n'ey
Les îles. She - tland. au Sud. Les îles.
Pre. Les îles. ssion. A - mé-rique.
mi - vir. Ze - ro. vir - gule du Sud.
si - té. du pré.

135

Picc. *f mp mf*

Fl. I *f mp mf*

Fl. II *f mf f*

Hrh. I *f*

Hrh. II *f mf f*

Cl. I *f mp f*

Cl. B *f mp f*

Bsn. I *f mf*

Bsn. II *f mf*

Cr. I *f*

Cr. II *mf f*

Trp. I *gliss.*

Trp. II *gliss. mp ff*

Trb. I *mf f ff*

Trb. II *mf f*

Trb. B. III *f mp*

Tb. *f mp*

Solo S. *mp mf ff*

S. *f*

A. *mp*

Bar. *mp*

B. *f mf*

V. I *ord. gliss. p ff*

V. II *ord. p ff*

V. II *gliss. mf*

A. *ord. p f ff*

A. *ord. gliss. p f*

A. *mf*

Ve. *mf*

Ve. *mf*

C. B. *mp f p f p ff mp*

C. B. *mp ff p*

du - Port Mo - res by Les-les-
 du Port Mo res Ber liq
 du Nord Est L'île
 per ille
 ci - pi - ta - tions Les- les-
 ord. *gliss.* *p* *ff*
 ord. *p* *ff*
 ord. *p* *f* *ff*
 ord. *gliss.* *p* *f*
 ord. *mf*
 ord. *mf*
 ord. *mp* *ff* *mp*

142

Picc. *mp* *p* *mf* *f*

Fl. I *mp* *mf* *mp* *f*

Fl. II *ff* *mp* *mf*

Hrb. I *mp* *mf* *mp* *f*

Hrb. II *mp* *mf*

Cl. I *mp* *mp* *mf* *p* *mf* *gliss.* *gliss.*

Cl. II *mp* *f*

Cl. B *mp* *mf*

Bsn. I *mp*

Bsn. II *mp*

Cr. I *mf* *mp*

Cr. II *mp* *mf*

Trp. I *mp* *mf*

Trp. II *mf*

Trb. II *ff*

Tb. *ff* *mp* *mf* *p*

Solo S. *mp* *f*

S. *mp* *f*

A. *mp* *f*

Bar. *mp*

B. *mp*

V. I *mp* *p* *mp* *gliss.* *gliss.*

V. II *gliss.* *mp* *p* *mp*

V. II *ff*

A. *mp* *SP* *molto SP* *p* *SP*

A. *mp* *mf* *mp* *gliss.* *gliss.*

A. *gliss.* *ff* *mp* *mf* *p*

Ve. *mp* *mf* *gliss.* *gliss.*

Ve. *ff* *mp* *ff* *mp* *mf*

C. B. *ff* *mp* *mf* *mf* *p*

C. B. *mp* *mf* *mp*

Lyrics:
 du Sud
 La - Geor - gie du Sud
 She - tland mi.
 Wind - hock

149 18

Picc. *mp* *f* *mp* *mf* *ff* *p* *ff*
 Fl. I *mp* *f* *p* *p*
 Fl. II *mf* *p* *ff* *p*
 Hbn. I *mp* *f* *p* *ff* *p*
 Hbn. II *f* *p* *p*
 Cl. I *mp*
 Cl. II *mp* *ff*
 Cl. B *f* *mp* *mf* *mp*
 Bsn. I *mp* *f* *mp* *ff*
 Bsn. II *mp* *f* *mp* *ff*
 Cr. I *mp* *f* *mf* *ff* *mp*
 Cr. II *mp* *f* *ff* *mp*
 Trp. I *f* *mf* *ff* *mp* *gliss.*
 Trp. II *mf* *ff* *gliss.*
 Trb. I *mf* *ff*
 Trb. II *mp* *mf* *ff*
 Trb. B. III *f* *mp* *mf* *f*
 Tbn. *p* *f* *mp* *mf* *f* *ff*
 S. *mf* *f* *mf* *mp* *ff*
 A. *mp* *f* *mp* *mp* *ff*
 Bar. *mp* *ff*
 B. *ff*
 V. I *p* *f* *mf* *mp* *ff*
 V. II *p* *f* *mf* *ff*
 A. *p* *f* *mp* *gliss.* *mp* *ff* *ff*
 A. *p*
 Vc. *p* *ff* *p* *ff* *p*
 Vc. *f* *mp* *p* *ff*
 C. B. *p*

Godt hab. Les lies.
 di te Hu mi-di
 vingt six
 U Vc.
 ord. molto SP ord.

respiration en relais
mp
ff

156

Pic. *p* *mp* *f* *mf*

Fl. I *ff* *p* *mp* *p*

Fl. II *p* *f* *mp* *mf* *f*

Hrb. I *ff* *p* *mp* *f* *p*

Hrb. II *ff* *p*

Cl. I *mp* *f* *p*

Cl. II *mf* *f*

Bsn. I *mf* *f*

Bsn. II *mf* *f*

Cr. I *ff* *mp*

Cr. II *ff* *mp* *f*

Trp. I *mf* *ff* *mp* *f* *mp*

Trp. II *mp* *ff* *mp* *f*

Trb. I *mp* *mf* *mp*

Trb. II *mp* *mf* *mp*

Tb. *mp* *mf* *mp*

S. *mp* *f* *mf*

A. *mp* *f* *mf*

Bar. *mp* *mf*

B. *mp*

V. I *mp* *ff*

V. I *mf*

V. I *mp* *ff*

V. II *mp* *ff*

V. II *mp* *mf*

A. *pp* *ff* *mp* *ff* *mf*

A. *mf* *ff*

A. *mf* *ff*

Ve. *mp* *p* *ff* *mp*

C. B. *mp* *p* *ff* *mp*

Tutti

Bou - Bou

Hum - in - ten -

vir - gule

O - zone

molto SP *ord.*

163 **I** $\text{♩} = 120$ *molto accel.*

Pic. *ff* *mf* *ff* *mf* *ff*

Fl. I *ff* *ff* *ff* *mf* *ff*

Fl. II *ff* *ff* *ff* *mf* *ff*

Hob. I *mf* *ff* *mf* *ff* *ff*

Hob. II *mf* *ff* *mf* *ff* *ff*

Cl. I *mf* *ff* *mf* *ff* *mf*

Cl. II *mf* *ff* *mf* *ff* *ff*

Cl. B *mf* *ff* *mf* *ff* *ff*

Bsn. I *mf* *ff* *mf* *ff* *ff*

Bsn. II *mf* *ff* *mf* *ff* *mf*

Cr. I *ff* *mp* *stop mute* *ff* *f*

Cr. II *mp* *ff* *mp* *mf* *f*

Trp. I *ff* *plunger mute* *mp* *mf*

Trp. II *mp* *ff* *mp* *f*

Trb. I *mp* *ff* *mp*

Trb. II *mp* *ff* *mp* *f*

Trb. B. III *mf* *ff* *f* *p*

Tb. *mp* *ff* *f*

Hp. *ff*

Solo S. *f* *ff* *f* *pre - sion* *Temps*

S. *L'le -* *Bo - go* *ti* *Mé - xi - co* *Le* *Caire* *mp*

A. *si* *ric* *Ze - ro*

Bar. *frique* *f* *Ze - ro* *trois* *cents* *de -* *grés*

B. *Point* *Zé - ro* *ro* *sé* *Temps*

I $\text{♩} = 120$ *molto accel.* *Dissonant* *molto SP* *ord.*

V. I *mf* *ff* *mp* *ff* *f* *mf*

V. I *mf* *ff* *mp* *ff* *f* *mf*

V. II *mf* *ff* *mp* *ff* *f* *mf*

V. II *f* *ff* *mp* *ff* *f* *mf*

A. *f* *ff* *mp* *ff* *f* *mf*

A. *f* *ff* *mp* *ff* *f* *mf*

Vc. *ff* *mp* *ff* *f* *ord.* *pizz* *f*

C. B. *ff* *mp* *ff* *f* *ord.* *pizz* *arco* *f*

172

Picc. *mf* *f* *ff*

Fl. I *f* *ff*

Fl. II *fff* *f* *ff*

Hob. I *fff* *f* *ff* *p*

Hob. II *f* *ff*

Cl. I *fff* *f* *f* *ff*

Cl. II *fff* *f* *ff*

Cl. B *fff* *f* *ff*

Bsn. I *fff* *f* *ff* *f* *fff*

Bsn. II *p* *fff* *f* *ff* *mf*

Cr. I *ff* *mf* *ff* *ff* *mf* *ff*

Cr. II *f* *f* *ff* *ff* *mf* *ff*

Trp. I *mp* *f* *mp* *mp* *f* *mp* *ff*

Trp. II *mf* *f* *mp* *ff* *ff*

Tbn. I *mp* *f* *mp* *f* *mp* *ff*

Tbn. II *mf* *f* *ff* *mp* *ff*

Tbn. III

Tb. *mp* *f* *ff* *ff* *mp*

Solo S. *mp* *f*

S. *mp* *f* *mp* *f* *mp* *f*

Bar. *mp* *f* *mp* *f* *mp* *f*

B. *mp* *f* *mp* *f* *mp* *f*

V. I *mf* *ff* *ff*

V. II *mf* *ff* *ff*

A. *mf* *ff* *mf* *ff* *mf*

Ve. *mf* *ff* *mf* *ff* *mf* *ff* *mf*

C. B. *f* *f* *f* *mf* *ff* *mf* *ff* *mf* *ff*

Solo S. lyrics: Sto ccho - holm Ma Po - ort Ma-res

S. lyrics: Ma nille Po - ort A mé

Bar. lyrics: de pré-ci - pi-ta - tions O-rien-ta - tion du vent Cel - sius

B. lyrics: de pré-ci - pi-ta - tions O-rien-ta - tion du vent In-ten-si-té Cel - cius pré - ci - pi - ta-tions pré -

183

Pic. *p* *ff* *p* *f* *mf*

Fl. I *p* *ff* *p* *f* *mf*

Fl. II *p* *ff* *p* *f* *mf*

Hob. I *f* *ff* *mf* *p* *f* *mf*

Hob. II *f* *ff* *mf* *p* *f* *mf*

Cl. I *f* *ff* *mf* *f* *p* *mf*

Cl. II *f* *ff* *mf* *f* *p* *mf*

Cl. B *f* *ff* *mf* *f* *p* *mf*

Bsn. I *f* *ff* *mf* *f* *p* *mf*

Bsn. II *f* *ff* *mf* *f* *p* *mf*

Cr. I *mf* *ff* *mf* *ff* *f* *ff*

Cr. II *mf* *ff* *mf* *ff* *f* *ff*

Trp. I *ff* *mf* *ff* *f* *ff* *f*

Trb. I *ff* *mf* *ff* *f* *ff* *f*

Trb. II *ff* *mf* *ff* *f* *ff* *f*

Trb. B. III *ff* *mf* *ff* *f* *ff* *f*

Tb. *ff* *mf* *ff* *f* *ff* *f*

Solo S. *ff* *f* *ff*

S. *ff* *f* *ff*

A. *ff* *f* *ff*

Bar. *ff* *f* *ff*

B. *ff* *f* *ff*

V. I *ff* *mf* *p* *f* *pp* *ff* *p* *f*

V. I *p* *mp* *p* *f* *pp* *ff* *p* *f*

V. I *p* *mp* *p* *f* *pp* *ff* *p* *f*

V. II *ff* *mf* *p* *f* *pp* *ff* *p* *f*

V. II *ff* *mf* *p* *f* *pp* *ff* *p* *f*

V. II *ff* *mf* *p* *f* *pp* *ff* *p* *f*

A. *ff* *mf* *p* *f* *pp* *ff* *p* *f*

Vc. *ff* *arco* *p* *mf* *p* *f* *pp* *ff* *p* *f*

Vc. *ff* *arco* *p* *mf* *p* *f* *pp* *ff* *p* *f*

C. B. *ff* *arco* *p* *mf* *p* *f* *pp* *ff* *p* *f*

by La Géor-gie du Sud New York Ber
rique La Géor-gie du Sud New York Port-Mo-res by lin
Kol-ka ta Ber
La Géor-gie nu-a-geuse nu-a-geuse. nu-a-geuse vi-tesse du vent
-sius. Cel-sius sept vir-gule treize mètres par se- conde. Deux vir-gule quatre-
-ci-pi-ta-tions pro-ci-pi-ta-tions lions té In-ten-si-té

195

Picc. *ff*

Fl. I *ff*

Fl. II *ff*

Hob. I *ff*

Hob. II *ff*

Cl. I *ff*

Cl. II *ff*

Cl. B *ff*

Bsn. I *ff*

Bsn. II *ff*

Cr. I *mf*

Cr. II *mf*

Trp. I *mf*

Trp. II *mf*

Trb. I *mf*

Trb. II *mf*

Trb. B. III *mf*

Tb. *mf*

Solo S. *mf*

S. *mf*

A. *mf*

Bar. *mf*

B. *mf*

lin Wind - jock Les lles She-land du
 Bo - go tá Wind - hock Ta - illum Nice Syd ney Ta - llin
 Type de pré ci - pi - ta-tion Hu - mi - di - té In - ten - si - té
 vingt huit mètres par se - conde Zé - ro mi - li - mètres par heure
 de pré ci - pi - ta-tion Temps Zé - ro Tem - pe - ra - ture Zé - ro

V. I *p* *mf* *ff* molto SP ord.

V. I *p* *mf* *ff* molto SP ord.

V. I *p* *mf* *ff* molto SP ord.

V. II *p* *mf* *ff* molto SP ord.

V. II *p* *mf* *ff* molto SP ord.

V. II *p* *mf* *ff* molto SP ord.

A. *mp* *mf* *ff* molto SP ord.

A. *mp* *mf* *ff* molto SP ord.

Ve. *mp* *mf* *ff* molto SP ord.

Ve. *mp* *mf* *ff* molto SP ord.

C. B. *mp* *mf* *ff* molto SP ord.

C. B. *mp* *mf* *ff* molto SP ord.

205

Picc.

Fl. I

Fl. II

Hob. I

Hob. II

Cl. I

Cl. II

Cl. B

Bsn. I

Bsn. II

Cr. I

Cr. II

Trp. I

Trp. II

Tbn. I

Tbn. II

Solo S.

S.

A.

Bar.

B.

V. I

V. I

V. II

V. II

A.

A.

Vc.

Vc.

C. B.

C. B.

Sud

Zé ro

Buc nos res

Ber lin Ai New York

La Géor

pe - ci pi ta - tion

Zé - ro

Zé - ro vir - gule

vent

ff

f

mf

ff

gliss.

molto SP

ord.

ossia

This page contains a detailed musical score for a symphony orchestra and vocal soloists. The score is written for the following instruments and voices:

- Picc.** (Piccolo)
- Fl. I & II** (Flutes)
- Hob. I & II** (Horn in B-flat)
- Cl. I & II** (Clarinets)
- Cl. B.** (Clarinet in B-flat)
- Bsn. I & II** (Bassoons)
- Cr. I & II** (Cornets)
- Trp. I & II** (Trumpets)
- Trb. I & II** (Trombones)
- Trb. B. III** (Trombone in B-flat)
- Tb.** (Tuba)
- S.** (Soprano)
- A.** (Alto)
- Bar.** (Baritone)
- B.** (Bass)
- VI. I & II** (Violins)
- V. I & II** (Violas)
- A.** (Viola)
- Ve.** (Violoncello)
- C. B.** (Cello/Bass)

The score includes various musical notations such as dynamics (e.g., *pp*, *mf*, *f*, *ff*, *p*, *mp*), articulation (e.g., *gliss.*, *tr.*), and phrasing. The vocal parts feature lyrics in French, including:

- Soprano: "cades du Kol Ka ta Kol"
- Alto: "ture In ten si té de pré ci pi ta"
- Baritone: "six vir gu le cin quante cinq"
- Bass: "In dice U V pre sson du"

There are also specific performance instructions such as "son éolien" and "air" written above certain passages.

243

Picc.
 Fl. I
 Fl. II
 Hrb. I
 Hrb. II
 Cl. I
 Cl. II
 Cl. B.
 Bsn. I
 Bsn. II
 Cr. I
 Cr. II
 Trp. I
 Trp. II
 Trb. I
 Trb. II
 Trb. B. III
 Tb.
 S.
 S.
 A.
 A.
 Bar.
 B.
 VI. I
 V. I
 VI. II
 V. II
 A.
 Vc.
 C. B.

L'île Bou - vet Nai - ro bi - Les
 L'île vet Nai Les îles
 tions pré - ci - pi - ta - tion A
 - tion A - frique Pre - sion
 mètres par
 vent du

272

son éolien

p

Fl. I

Fl. II

Hib. I

Hib. II

Cl. I

Cl. II

Cr. I

Cr. II

Trb. I

Trb. II

Tb.

gliss. *p* gliss. *p* son éolien

Hp.

mf

Solo S.

oul La Géor - gie. du Nord. Sao

S.

Syd - ney Ni - ice. New York Les îles

A.

pp A - mé - - - rique - - - du Nord. A - sic

Bar.

vir-gule - - - - - Zé-ro - - - - -

B.

pp In - dice - - - - - U - V - - - - - Pre - ssion - - - - -

VI. I

p *mp* pizz.

VI. II

p pizz. *mp* pizz.

A.

p *mp* pizz.

Vc.

p *mp* pizz.

C. B.

pp

287

Fl. I *p*

Fl. II *p*

Hib. I *p*

Cl. II

Cl. B *p*

Bsn. I *p*

Cr. II

Hp. *mp*

Solo S. *pp*

S. *pp* *p*

A. *pp* *p*

Bar. *p*

B. *p*

VI I

VI II

A.

Vc. *pizz.* *arco* *col legno battuto* *pizz.*

C. B.

rall.

pp *f* *mp* *mf*

gliss.

laissez rebondir l'archet sur toute la longueur de la corde arco col legno battuto

Alternar : "Zero virgule zéro, zéro virgule zé..." et des prières à la Terre

Pau - lo Stock - holm

New York du Nord Sé

O - zone O

pour cent

Pre

Romina S. Romay

Blooming

Pour ensemble de saxophones

Romina S. Romay

Blooming

Pour ensemble de saxophones

Quatuor soliste :

Saxophone soprano solo
Saxophone alto solo
Saxophone ténor solo
Saxophone baryton solo

Quintet accompagnant :

Saxophone soprano
Saxophone alto
Saxophone ténor
Saxophone baryton
Saxophone basse

*"Car tu n'as rien deviné de la joie si tu crois que l'arbre lui-même vit pour l'arbre qu'il est, enfermé dans sa gaine.
Il est source de graines ailées et se transforme et s'embellit de génération en génération. Il marche, non à ta façon,
mais comme un incendie au gré des vents.
Tu plantes un cèdre sur la montagne et voilà ta forêt qui lentement, au long des siècles, déambule.
Que croirait l'arbre de soi-même ? Il se croirait racines, tronc et feuillages. Il croirait se servir en plantant ses racines,
mais il n'est que voie et passage.
La terre à travers lui se marie au miel du soleil, pousse des bourgeons, ouvre des fleurs, compose des graines, et la graine
emporte la vie, comme un feu préparé mais invisible encore.(...) Et de même une fois encore du germe neuf qui pousse sa
tige têtue entre les pierres. (...) Moi, je ne connais rien qu'ascension de la terre dans le soleil ..."*

Antoine de Saint-Exupéry (1948), *Citadelle*.

Romina S. Romay

Blooming

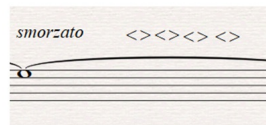
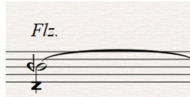
Pour ensemble de saxophones

"Blooming" est une composition qui naît de la musification d'une série de données correspondant à l'état d'un ensemble de plantes, en termes d'humidité, de température et de conductivité. Un système de circuits fonctionnant avec Arduino et un patch en Max Msp ont été construits pour capturer ce flux de données et le traduire en partitions pour un traitement ultérieur. L'objectif de cette pièce est de nous sensibiliser à la vitalité des plantes, souvent oubliées en raison de leur immobilité apparente dans la plupart des cas, et qui sont essentielles à notre vie dans notre écosystème.

Slap fermé et ouvert.
Ventouse et souffle sur l'anche

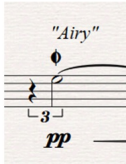


Flatterzunge



Smorzato.

Une sorte de sforzato sur une note soutenue.



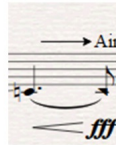
"Airy"

La moitié du son du ton, la moitié du son de l'air

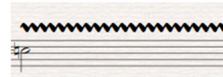
Son de l'air, sans hauteur



Transition du ton à l'air



Vibrato ample



Accélération

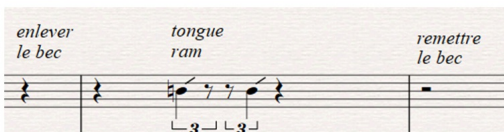
Décélération



Un quart de ton plus bas Un quart de ton plus haut



Dièse un quart de ton plus haut



Tongue ram.

La langue pousse contre le tube du saxophone, sans le bec.

Blooming

Pour ensemble de saxophones

1

Romina S. Romay

$\text{♩} = 60$
"Airy"

Saxophone soprano solo

Saxophone alto solo

Saxophone ténor solo

Saxophone baryton solo

Saxophone soprano

Saxophone alto

Saxophone ténor

Saxophone baryton

Saxophone basse

p < *mf* *mp* > *p* $\overset{3}{\text{trill}}$ *f* *mf* *pp*

pp < *mf* $\overset{3}{\text{trill}}$ *mp* *p* < *mf* > *pp*

"Airy"
pp < *mf* > *p*

air (sans hauteur)
Flz. *f*

"Airy"
pp *gliss.* *mf* *pp* *air* $\overset{3}{\text{trill}}$ *f*

"Airy"
pp *gliss.* *mf* *pp* *smorzato* *open slap* $\overset{3}{\text{trill}}$ *sf* *en mf* *pp*

"Airy"
pp *smorzato* *mf* *pp* *pp* *mf* *pp* *gliss.* $\overset{3}{\text{trill}}$ *pp* < *mp* > *p*

air (sans hauteur)
Flz. *f*

"Airy"
pp *gliss.* *mf* *pp* *mf* *pp* *smorzato* $\overset{3}{\text{trill}}$ *pp*

slap *sf* *en mf*

"Airy"
pp *smorzato* *mf* *pp* *mf* *pp* *gliss.*

7

Sax. Sop. Sol. *mp* *f* *mf* *ff* *pp*

Sax. Alto Sol. *subtone* *pp* *mf* *p* *mp* *f* *pp*

Sax. T. Sol. *mf* *mf* *air* *subtone* *p* *ff* *p* *pp*

Sax. Bary. Sol. *mp* *f* *mf* *f* *pp* *gliss.*

Sax. Sop. *"Airy"* *pp* *mf* *pp* *mf* *gliss.*

Sax. alto *mf* *pp* *mf* *pp* *mp* *pp* *mf* *pp* *mf* *"Airy"*

Sax. T. *gliss.* *mp* *pp* *mf* *Flz.* *f* *pp* *mf* *gliss.*

Sax. Bary. *mf* *pp* *mf* *pp* *gliss.* *élever légèrement la hauteur de la note* *f*

Sax. B. *gliss.* *mp* *p* *mf* *pp* *pp* *mf* *gliss.* *élever légèrement la hauteur de la note*

A

12

Sax. Sop. Sol.

Sax. Alto Sol.

Sax. T. Sol.

Sax. Bary. Sol.

Sax. Sop.

Sax. alto

Sax. T.

Sax. Bary.

Sax. B.

ord.

p \leftarrow *mf* \rightarrow *f*

slap

sf
en *mf*

p

mp \leftarrow *mf* \rightarrow *p* \rightarrow *mf*

subtone

gliss.

Flz.

mf

p

\leftarrow *f* \rightarrow

slap

mp

p

Flz.

p

\leftarrow *f* \rightarrow

p

slap

mf

mp

Flz.

p

\rightarrow *mf* \rightarrow

Accompagnement irrégulier avec ces notes dans différentes octaves, articulation staccato et/ou slaps.

open slap

sf
en *mf*

sf en *mp*

sf

mp

mf

élever légèrement la hauteur de la note

pp

\leftarrow *f* \rightarrow *p*

gliss.

p

\rightarrow *mf* \rightarrow

Accompagnement irrégulier avec ces notes dans différentes octaves, articulation staccato et/ou slaps.

open slap

sf
en *mf*

Flz.

p \leftarrow *f* \rightarrow *pp* \leftarrow *mp* \rightarrow *f*

mp

p

sf

mf

élever légèrement la hauteur de la note

gliss.

mf

f

pp

slap

sf
en *mf*

mp

sf

mf

Accompagnement irrégulier avec ces notes dans différentes octaves, articulation staccato et/ou slaps.

17

Sax. Sop. Sol. *mp* *mf* *p* *ff* *ff* *mp* *f*

Sax. Alto Sol. *mp* *f* *ff* *p* *f*

Sax. T. Sol. *pp* *f* *ff* *f* *p* *sf* en *f*

Sax. Bary. Sol. *mf* *p* *f* *p* *sf* en *f*

slap *open slap*

Accompagnement irrégulier avec ces notes dans différentes octaves, articulation staccato et/ou slaps.

Sax. Sop. *p* *f* *mf* en *f* *p* *f*

Sax. alto *mp* *p* *f* *pp* *mf*

Sax. T. *p* *f* *pp* *f*

Sax. Bary. *mp* *p* *f* *pp* *f* *p* *f*

Sax. B. *mp* *p* *f* *pp* *mp* *f*

gliss. *gliss.* *gliss.* *gliss.*

slap *open slap*

élever légèrement la hauteur de la note

élever légèrement la hauteur de la note

élever légèrement la hauteur de la note

élever légèrement la hauteur de la note

descendre légèrement la hauteur de la note

Flz.

Accompagnement irrégulier avec ces notes dans différentes octaves, articulation staccato et/ou slaps. ossia

21

Sax. Sop. Sol. *p* *p* *mf* *p* *mp*

Sax. Alto Sol. *p* *ff* *mf* *mf* *p* *mp* *p*

Sax. T. Sol. *slap* *ff* *mp* *p* *mf* *p* *mf* *p*

Sax. Bary. Sol. *slap* *ff* *mf* *p* *mf* *p* *f* *ff* *p*

Sax. Sop. I *Flz.* *smorzato* *p* *f* *p* *mp* *p* *gliss.*

Sax. alto *Flz.* *f* *p* *mf* *p*

Sax. T. *gliss.* *p* *f* *p* *mp* *f* *p*

Sax. Bary. *slap* *ff* *Flz.* *p* *f* *p* *mp* *f* *p*

Sax. B. *slap* *ff* *mp* *f* *mf* *p* *mp* *ff* *p*

elever légèrement la hauteur de la note

tr *#*

B

25

Sax. Sop. Sol. *pp* *mp* *p* *p* *mp* *mf*

Sax. Alto Sol. *mp* *mf* *mp* *mf* *f* *p*

Sax. T. Sol. *mp* *mf* *mp* *f*

Sax. Bary. Sol. *f* *pp* *p* *pp* *mp* *p* *mp* *pp* *mf*

Sax. Sop. I *mp* *f* *smorzato* *p* *f*

Sax. alto *f*

Sax. T. *mp* *f* *mp* *f*

Sax. Bary. *f* (tr)

Sax. B. *mp* *f* *p* *f*

élever légèrement la hauteur de la note
↑ *smorzato* <><><><><>

gliss. <><><><><><>

gliss. <><><><><><>

gliss. <><><><><><>

gliss. <><><><><><>

27

Sax. Sop. Sol. *mp* *p < mp*

Sax. Alto Sol. *pp < mf > pp < mp > p* *mf* *pp < p > p*

Sax. T. Sol. *mf* *f* *mf* *p < mp >* *pp < mp >*

Sax. Bary. Sol. *smorzato* *gliss.* *p* *mf > pp < mp >* *mf* *pp < mp > p < mf > p* *p < mp > pp < mp >* *mf >*

Sax. Sop. I *f* *mf*

Sax. alto *f* *p* *f* *mp* *ff* *f* *mf*

Sax. T. *f* *mp* *f* *mf*

Sax. Bary. *p* *f* *mp* *ff*

Sax. B. *gliss.* *p* *f* *mp* *ff* *gliss.*

30

Sax. Sop. Sol. *p* *mf* *pp* *mp* *f* *p* *mf*

Sax. Alto Sol. *f* *mf* *mp* *mf* *f*

Sax. T. Sol. *mp* *mf* *ff* *mp* *ff*

Sax. Bary. Sol. *ff* *mf* *ff*

Sax. Sop. I. *f* *p* *mf* *f* *ff*

Sax. alto *f* *mf* *f* *ff* *mf* *ff*

Sax. T. *f* *mf* *f* *ff* *mf* *gliss.*

Sax. Bary. *f* *ff*

Sax. B. *f* *ff* *gliss.*

descendre légèrement la hauteur de la note

C

32

Sax. Sop. Sol. *mf* *mp* *mf* *mp* *f* *p*

Sax. Alto Sol. *p* *mf* *mf* *mp* *f* *mp* *mf*

Sax. T. Sol. *mp* *mf*

Sax. Bary. Sol. *p* *subito* *mf* *mp* *p*

Sax. Sop. I *mp* *mf* *p*

Sax. alto *mp* *mf* *p*

Sax. T. *p* *subito* *mf* *p* *mp* *mf*

Sax. Bary. *p* *subito* *mf* *mf* *p*

Sax. B. *ff* *p* *mf* *mp* *mf* *p*

tr *gliss.* *tr* *tr* *tr* *tr*

3 *3* *3* *3* *3* *3* *3* *3* *3* *3*

subito

descendre légèrement la hauteur de la note

The musical score is arranged in a system with nine staves. At the top, there is a short melodic fragment with a triplet of eighth notes. The main score begins with a key signature of one sharp (F#) and a common time signature (C). The parts are as follows:

- Sax. Sop. Sol.:** Starts with a dynamic of *f*, followed by a triplet of eighth notes marked *mp*. The piece concludes with a dynamic of *mf* leading to *p*.
- Sax. Alto Sol.:** Features a melodic line starting at *mf*, reaching *f* in the middle, and ending at *mf* and *p*.
- Sax. T. Sol.:** Remains silent until the second measure, then plays a melodic line starting at *f* and ending at *mf* and *p*.
- Sax. Bary. Sol.:** Includes a bass line with a triplet of eighth notes marked *mp* and *f*. The main part starts at *f* and ends at *mf* and *p*.
- Sax. Sop. I.:** Starts at *f* and ends at *f* and *p*.
- Sax. alto:** Starts at *f* and ends at *f*, *p*, and *mf*.
- Sax. T.:** Features glissando markings (*gliss.*) and dynamics of *p*, *mf*, *p*, *mf*, *ff*, and *p*. An instruction "élever légèrement la hauteur de la note" is placed above the final measure.
- Sax. Bary.:** Features glissando markings (*gliss.*) and dynamics of *mf*, *p*, *mf*, *p*, *f*, *mf*, *ff*, and *p*. An instruction "élever légèrement la hauteur de la note" is placed above the final measure.
- Sax. B.:** Features glissando markings (*gliss.*) and dynamics of *p*, *mf*, *p*, *f*, *p*, *mf*, *ff*, and *p*.

41

Sax. Sop. Sol. *mf* < *f* > *ff* *mf* < *f* *fff* *p* <

Sax. Alto Sol. *mf* < *f* > *ff* *mf* *f* *fff*

Sax. T. Sol. *ff* *fff*

Sax. Bary. Sol.

Sax. Sop. I. *gliss.* *ff*

Sax. T. *mf* *gliss.* *ff* *gliss.* *gliss.* *gliss.* *fff*

Sax. Bary. *mf* *ff* *gliss.* *gliss.* *gliss.* *fff*

Sax. B.

ossia

élever légèrement la hauteur de la note

D

44

ossia
Alternar le plus rapidement possible



Sax. Sop. Sol. *mp* *p* *mf*

Sax. Alto Sol. *p*

Sax. T. Sol. *mf* *p* *mp* *p* *mf* *p* *mp* *p* *mf*

Sax. Bary. Sol. *mf* *f* *ff* *f*

Sax. Sop. I. *mp* *pp*

Sax. alto *mf* *pp* *f*

Sax. T. *mp* *pp*

Sax. Bary. *mp* *pp* *f*

Sax. B. *mp* *pp* *mp* *pp* *f*

ossia
Alternar le plus rapidement possible

gliss.

Alternier le plus rapidement possible

Sax. Sop. Sol. *mf* *p* *mf*

ossia
Alternier le plus rapidement possible

Sax. Alto Sol. *mp* *mf*

Sax. T. Sol. *mf* *p* *mp*

gliss.

Sax. Bary. Sol. *ff* *gliss.*

Alternier le plus rapidement possible

Sax. Sop I. *mf* *p* *mf*

Sax. alto *mf* *p* *mf*

Sax. T. *mf* *p*

Sax. Bary. *mf* *p* *mf* *p*

descendre légèrement la hauteur de la note

Sax. B. *mf* *p* *mf*

47

Sax. Sop. Sol. *f* *mp*

ossia

Sax. Alto Sol. *mp* *mf*

ossia
Alterner le plus rapidement possible

Sax. T. Sol. *f* *mf* *ff*
Alterner le plus rapidement possible

Sax. Bary. Sol. *mf* *ff* *mf* *f*

Sax. Sop. I. *ff* *mf* *p* *f*

Sax. alto *mf* *f* *mf* *p* *f* *gliss.* *gliss.*

Sax. T. *mf* *f* *mf* *p* *f*

Sax. Bary. *mf* *f* *mf* *p* *f*

Sax. B. *mf* *f* *mf* *f*

This page contains the musical score for measures 40 through 49 of a saxophone piece. The score is arranged in 13 staves, each for a different saxophone part. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 4/4. The music features a variety of dynamics and articulations. Measures 40-42 show the Sax. Sop. Sol. and Sax. Alto Sol. parts with *mf* dynamics and triplet patterns. Measures 43-45 feature the Sax. T. Sol. and Sax. Bary. Sol. parts, with the latter including a *gliss.* (glissando) and *mf* dynamics. Measures 46-48 show the Sax. Sop. I. and Sax. alto parts with dynamics ranging from *f* to *p* and *mf*. Measures 49-51 feature the Sax. T. and Sax. Bary. parts with dynamics of *mf* and *ff*. The Sax. Sop. II, Sax. Sop. II, Sax. alto II, and Sax. Bary. II parts are mostly silent, indicated by rests. The Sax. B. part has a *f* dynamic. The score includes several *ossia* (alternative) passages for the Sax. Sop. Sol. and Sax. T. Sol. parts, marked "Arpèger librement et aussi vite que possible" (Arpeggio freely and as fast as possible). The page number 358 is located at the bottom right.

The image shows a page of a musical score for saxophones, page 17. It features ten staves, each for a different saxophone part. The key signature is two sharps (F# and C#) and the time signature is 4/4. The score includes various musical notations such as triplets, slurs, and dynamic markings.

- Sax. Sop. Sol.**: Features a triplet of eighth notes with a *ff* dynamic.
- Sax. Alto Sol.**: Includes a section marked *ossia* with the instruction "Arpéger librement et aussi vite que possible" (Arpeggio freely and as fast as possible), followed by a long triplet of eighth notes with a *mp* dynamic that ends with *fff*.
- Sax. T.**: Features a triplet of eighth notes with a *ff* dynamic.
- Sax. Bary. Sol.**: Features a triplet of eighth notes with a *fff* dynamic.
- Sax. Sop I.**: Features a triplet of eighth notes with a *p* dynamic that transitions to *ff*.
- Sax. alto**: Features a triplet of eighth notes with a *ff* dynamic.
- Sax. T.**: Features a triplet of eighth notes with a *ff* dynamic.
- Sax. Bary.**: Includes the instruction "Alterner le plus rapidement possible" (Alternate as fast as possible) above a triplet of eighth notes with a *mf* dynamic, followed by a *ff* dynamic.
- Sax. B.**: Features a triplet of eighth notes with a *fff* dynamic.

51

ossia
Arpèger librement et aussi vite que possible

Sax. Sop. Sol.

f *mp*

ossia
Arpèger librement et aussi vite que possible

Sax. Alto Sol.

mp *mf*

ossia
Arpèger librement et aussi vite que possible

Sax. T. Sol.

mp *fff*

ossia
Arpèger librement et aussi vite que possible

Sax. Bary. Sol.

mf *fff*

Sax. Sop. I.

Sax. alto

Sax. T.

Sax. Bary.

Sax. B.

52

Sax. Sop. Sol.

ossia
Arpèger librement et aussi vite que possible

Sax. Alto Sol.

ossia
Arpèger librement et aussi vite que possible

Sax. T. Sol.

ossia
Arpèger librement et aussi vite que possible

Sax. Bary. Sol.

Sax. Sop. I.

Sax. alto

Sax. T.

Sax. Bary.

Sax. B.

53

Sax. Sop. Sol. *f* *gliss.* *gliss.* *gliss.* **E**

Sax. Alto Sol. *f* *mf* *ff* *mf f* *pp*

Arpéger librement et aussi vite que possible
ossia

Sax. T. Sol. *mf* *pp* *p*

ossia
Arpéger librement et aussi vite que possible

Sax. Bary. Sol. *mf*

Sax. Sop. I. *mp* *ff*

Sax. alto

Sax. T. *mp* *ff* *pp*

Sax. T. II

Sax. Bary.

Sax. Bary. II *fff* *p* *gliss.*

Sax. B. *fff*

56

Sax. Sop. Sol. *mp* *pp* *mf* *pp* *mp* *mf* *p*

Sax. Alto Sol. *mf* *f* *p* *mf* *pp* *mp* *f* *p*

Sax. T. Sol. *pp* *p* *f* *p* *pp* *mp* *mf* *p*

Sax. Bary. Sol. *mp* *mf* *pp* *mp* *mf* *p*

Sax. Sop. I. *pp* *mf* *mf* *pp* *p*

Sax. Sop. II

Sax. alto *pp* *p* *f*

Sax. alto II

Sax. T. *p* *f*

Sax. T. II

Sax. Bary. *pp* *mp* *mf* *p*

Sax. Bary. II

Sax. B. *p* *p* *f*

élever légèrement la hauteur de la note
↑
gliss. *gliss.* *gliss.* *gliss.*

62

Sax. Sop. Sol. *mf* *f* *mf* *f* *mp* *f*

Sax. Alto Sol. *p* *mf* *f* *mf* *f* *ff* *f* *ff* *gliss.* *gliss.*

Sax. T. Sol. *mf* *f* *ff* *fff* *gliss.* *gliss.* *fff*

Sax. Bary. Sol.

Sax. Sop. I. *mf* *mf* *f* *mp* *mf* *gliss.*

Sax. alto *mf* *f* *ff* *fff*

Sax. T. *mf* *f* *mf* *f* *ff*

Sax. Bary. *mf* *mf* *f* *mf* *f* *ff*

Sax. B. *mf* *f* *mf* *f* *ff*

Detailed description: This page contains a musical score for saxophones, measures 62 through 64. The score is arranged in a system with eight staves. The top four staves are for Solos: Sax. Sop. Sol., Sax. Alto Sol., Sax. T. Sol., and Sax. Bary. Sol. The bottom four staves are for Section I: Sax. Sop. I., Sax. alto, Sax. T., and Sax. B. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 4/4. The score includes various dynamics such as *mf*, *f*, *ff*, *fff*, *mp*, and *p*. It also features articulation marks like accents, slurs, and glissandos, as well as technical markings like triplets and wavy lines indicating vibrato or tremolo. The Sax. Sop. Sol. part starts with a wavy line above the staff in measure 62. The Sax. Alto Sol. part has a wavy line above the staff in measure 63. The Sax. T. Sol. part has a wavy line above the staff in measure 64. The Sax. Sop. I. part has a wavy line above the staff in measure 63. The Sax. alto, Sax. T., Sax. Bary., and Sax. B. parts have wavy lines above the staff in measure 64.

Glissando vers la note plus aigüe
ossia

Sax. Sop. Sol. *ff* *f* *mf* *mp* *pp*

Sax. Alto Sol. *ff* *f* *mf* *mp* *pp*

Sax. T. Sol. *mp* *f* *pp*

Sax. Bary. Sol. *ff* *p* *f* *pp*

Sax. Sop. I. *mf* *mp* *mf* *p* *mf* *f* *pp*

Sax. alto *mf* *f* *pp*

Sax. T. *mf*

Sax. Bary. *ff* *mp* *mf* *pp*

Sax. B. *ff* *mp* *pp*

ossia
Glissando vers la note plus aigüe

70

Sax. Sop. Sol. *mf* *f* *pp* *gliss.*

Sax. Alto Sol. *mp* *pp* *ff* *pp* *ff*

Sax. T. Sol. *mf* *pp* *ff* *pp* *ff* *gliss.* 3

Sax. Bary. Sol. *mp* *pp* *ff* *pp* *ff* *gliss.*

Sax. Sop. I *mf* *pp* *ff* *gliss.*

Sax. alto *mf* *ff* *pp*

Sax. T. *mp* *mf* *pp* *mp* *ff* *ff* *pp* *gliss.* *gliss.*

Sax. Bary. *mf* *mp* *ff* *pp* *ff* *pp*

Sax. B. *mp* *pp* *mp* *ff* *pp* *ff* *pp* *gliss.* *gliss.* *gliss.* *gliss.*

74

Sax. Sop. Sol. *p* \leftarrow *mf* \rightarrow *p* \leftarrow *ff* *mf* \rightarrow *f* \rightarrow *ff*³ \rightarrow *mf*

Sax. Alto Sol. *p* \leftarrow *mf* \rightarrow *f* \leftarrow *ff* *mf* \rightarrow *f* \rightarrow *mp*³ \leftarrow *mf*³ \rightarrow *f* \rightarrow *mp*

Sax. T. Sol. *p* \leftarrow *mf* \leftarrow *f* \leftarrow *ff* *mf* \rightarrow *mp*³ \leftarrow *f*³ \rightarrow *mp*

Sax. Bary. Sol. *p* \leftarrow *ff* \rightarrow *mf*

Sax. Sop. I. *mp* \rightarrow *mf* \rightarrow *pp* \rightarrow *pp* \rightarrow *ff*

Sax. alto. *pp* \rightarrow *ff*

Sax. T. *mf* \rightarrow *f* \rightarrow *mp*

Sax. Bary. *p* \leftarrow *f* \rightarrow *p* \rightarrow *mf* \rightarrow *f* \rightarrow *mp*

Sax. B. *p* \rightarrow *f* \rightarrow *mf* \leftarrow *f* \rightarrow *mp*

Annotations:
- Sax. Sop. I: *gliss.* (upward), *gliss.* (upward)
- Sax. T.: *gliss.* (downward), *gliss.* (downward)
- Sax. Bary.: *gliss.* (downward), *gliss.* (downward)
- Sax. B.: *gliss.* (downward)

Performance instructions:
- Sax. Sop. I: élever légèrement la hauteur de la note (upward arrow)
- Sax. T.: descendre légèrement la hauteur de la note (downward arrows)
- Sax. Bary.: descendre légèrement la hauteur de la note (downward arrow)

Trills: *tr* (trill) above notes in Sax. Sop. Sol. and Sax. B. staves.

78

Sax. Sop. Sol. *mf* *f* *ff* *f* *ff*

Sax. Alto Sol. *mp* *p* *fff* *f* *ff*

Sax. T. Sol. *mp* *mf* *p* *f*

Sax. Bary. Sol. *mp* *mf* *f*

Sax. Sop. I *mf*

Sax. alto *p* *f*

Sax. T. *p* *f*

Sax. Bary. *p* *mf* *f*

Sax. B. *mf* *f* *p* *mf* *f*

82

Sax. Sop. Sol. *mf* *p* *mf* *p* *mp* *p* *mf* *mp* *ff* *pp*

Sax. Alto Sol. *mf* *p* *mp* *p* *mf* *mp* *ff* *pp*

Sax. T. Sol. *mf* *mp* *mf* *ff* *pp*

Sax. Bary. Sol. *mf* *mp* *f* *ff* *pp*

Sax. Sop. I *mf* *f* *pp*

Sax. alto *mf* *mp* *mf* *f* *pp*

Sax. T. *f* *pp*

Sax. Bary. *mf* *f* *mf* *p*

Sax. B. *mf* *f* *mf* *p*

86

Sax. Sop. Sol. *mf* *mp* *f* *mf*

Sax. Alto Sol. *mf* *ff* *mf*

Sax. T. Sol. *mf* *f* *3*

Sax. Bary. Sol. *mf* *f* *mp* *f* *mf*

Sax. Sop. I *mp* *f* *mf*

Sax. Sop. II

Sax. alto *f* *mf* *3*

Sax. alto II

Sax. T. *f* *gliss.* *gliss.* *mf* *3*

Sax. T. II

Sax. Bary. *f* *gliss.* *gliss.* *mf*

Sax. Bary. II *mf* *3*

Sax. B. *mf* *f* *mp* *gliss.* *gliss.* *mf* *3*

G

Sax. Sop. Sol. *ff* *pp* *p* *mf*

Sax. Alto Sol. *ff* *le plus p possible* *pppp* *mf* *f* *mf*

Sax. T. Sol. *le plus p possible* *pppp* *mp* *p* *gliss.* *gliss.* *mf* *mp* *f* *f* *mp*

Sax. Bary. Sol. *mf* *p* *mf* *mp* *mp* *ff* *mf*

Sax. Sop. I *ff* *gliss.* *descendre légèrement la hauteur de la note*

Sax. alto *ff* *gliss.* *élever légèrement la hauteur de la note*

Sax. T. *ff* *gliss.* *p* *f* *descendre légèrement la hauteur de la note*

Sax. Bary. *ff* *gliss.* *p* *f* *p* *f* *élever légèrement la hauteur de la note*

Sax. B. *ff* *gliss.* *p* *f* *p* *f* *descendre légèrement la hauteur de la note* *gliss.* *mf*

ossia gliss.

ossia gliss.

Sax. Sop. Sol. *p* *mf* *pp* *gliss.*

Sax. Alto Sol. *ff* *mp* *p* *pp*

Sax. T. Sol. *ff* *ff* *mp* *f* *pp* *ppp* *gliss.*

ossia gliss.

Sax. Bary. Sol. *p* *mf* *ppp* *le plus p possible*

Sax. Sop. I *le plus p possible* *pp*

Sax. alto *ff* *pp* *pp* *ppp* *le plus p possible*

Sax. T. *ff* *mp* *ff* *p* *pp* *ppp* *gliss.* *le plus p possible*

Sax. Bary. *pp* *ppp* *le plus p possible*

Sax. B. *pppp* *p* *le plus p possible*

Romina Romay

Le village dans la montagne

Altérations



Dièse et demi-dièse
(dièse un quart de ton plus haut)



Démi-dièse
(dièse un quart de ton plus bas)



Démi-bémol
(bémol un quart de ton plus haut)

Scordatura

Pédales

E \flat F \sharp G \flat A \sharp
B \flat C \sharp D \sharp

Harpe

Do \sharp 2, baisser un quart de ton
Re \sharp 2, baisser un quart de ton
Mi2, baisser un quart de ton
Sol2, monter un quart de ton
La \sharp 2, monter un quart de ton
Si2, monter un quart de ton

Do \sharp 3, monter un quart de ton
Re \sharp 3, baisser un quart de ton
Mi3, monter un quart de ton
Sol3, monter un quart de ton
La \sharp 3, baisser un quart de ton
Si3, monter un quart de ton

Do \sharp 4, monter un quart de ton
Re \sharp 4, monter un quart de ton
Mi4, monter un quart de ton
Fa \sharp 4, monter un quart de ton
La \sharp 4, baisser un quart de ton
Si4, baisser un quart de ton

Re \sharp 5, baisser un quart de ton
Mi5, baisser un quart de ton
Fa \sharp 5, baisser un quart de ton
La \sharp 5, baisser un quart de ton
Si5, baisser un quart de ton

Re \sharp 6, baisser un quart de ton

Extended techniques



Taper sur un cluster avec la paume de la main

"Cricket glissando"

Glisser sur les cordes, entre les clés, en produisant un son aigu et indéterminé.



Jouer avec les ongles



Placer la pédale au milieu, produisant un son métallique.



Taper sur la table d'harmonie ou sur la caisse de résonance selon l'indication avec le bout des doigts. Lorsque cela est indiqué, utilisez le numéro de doigts indiqué. Lorsque le mouvement se déroule verticalement, en zigzag, il indique un mouvement le long du corps de l'instrument.

Accélérer et décélérer

Glissando de pédale

Jouer la ou les premières notes, en laissant les cordes vibrer librement. Puis déplacer la pédale dans le rythme et la direction indiqués pour produire la ou les notes désirées.

Taper les cordes de manière répétée avec les paumes des mains en vous déplaçant dans le registre indiqué.

Hp.

Whistling sounds

La main effleure les cordes avec un mouvement rapide vers le haut.

Hp.

Musical notation for Whistling sounds: A grand staff with treble and bass clefs. The bass clef has three notes (G2, A2, B2) with upward-pointing arrows above them, indicating the hand moving up the strings.

Glissando avec une clé

Jouer la note et faire un glissando avec la clé en modifiant la hauteur de la note avec celle-ci.

Musical notation for Glissando avec une clé: A grand staff. The treble clef has a note (G4) with an upward-pointing arrow, followed by a glissando line (a line with a wavy arrow) and a final note (A4) with a downward-pointing arrow. The bass clef has a whole rest.

Sons xylophoniques

Tenir les cordes avec la main gauche à la table d'harmonie, tout en jouant les cordes normalement avec la main droite. Cet effet doit modifier le timbre du son produit, et non la hauteur.

Hp.

Musical notation for Sons xylophoniques: A grand staff. The treble clef has four groups of triplets of eighth notes (G4, A4, B4). The bass clef has whole rests.

Jouer le plus vite possible

Jouer très rapidement, à la convenance de l'interprète.

Musical notation for Sons xylophoniques (continued): A grand staff. The treble clef has two groups of triplets of eighth notes (G4, A4, B4) with a sharp sign (#) under the first note of the second group. The bass clef has a whole rest. The second group is marked *ad lib.*

Jouer un glissando sur les cordes métalliques si fort qu'elles bourdonnent l'une contre l'autre.

Thunder effect

Hp.

Musical notation for Thunder effect: A grand staff. The bass clef has a whole rest, followed by a note (G2) with an upward-pointing arrow. Below the staff is a lightning bolt symbol (Z).

Étouffer

Couper le son de chaque note après qu'elle ait été jouée

Musical notation for Étouffer: A grand staff. The treble clef has a sequence of notes (G4, A4, B4, C5) with a horizontal line above them and a circled cross symbol (⊗) at the start, indicating damping. The bass clef has whole rests.

Glissandos irréguliers et abrupts suivant la direction de la flèche.

Hp.

Musical notation for Glissandos irréguliers et abrupts: A grand staff. The treble clef has three groups of irregular glissandos, each indicated by a downward-pointing arrow and a wavy line. The bass clef has whole rests.

Pizzicato Bartók

Le pizzicato de Bartók sur la harpe est exécuté en jouant une corde près de la table et en laissant en même temps le doigt glisser vers le bas pour claquer sur la table d'harmonie.

Musical notation for Pizzicato Bartók: A grand staff. The treble clef has a whole rest. The bass clef has a whole note (G2) with a circled cross symbol (⊗) above it, indicating the pizzicato effect.

La pièce est interprétée simultanément avec un patch dans "Max Msp", qui génère 12 types différents de motifs de synthèse granulaire. Leur utilisation est indiquée dans la partition sous forme de carrés numérotés avec des indications en blue sur la dynamique à suivre. Deux effets de "distorsion" et de « flanger » (II et IV) sont également ajoutés, qui sont directement appliqués au son direct de la harpe. L'instrument doit être amplifié.

Le village dans la montagne

I

1 **1** *simile*

$\text{♩} = 90$ Dans la nature
Romina S. Romay

Hp.

accel. *rit.* *mp*

pp *p* *pp* *p*

2

Hp.

mp *pp*

1

Hp.

pp *mp* *pp* *pp* *mp* *pp*

1 **2**

Hp.

p *mp* *p* *mp*

3
A tempo

Hp.

mp
glissando et laisser vibrer
gliss.

p *pp*

9

Hp.

mf
glissando, comme des vagues dans l'eau
ppp

ppp *p* *ppp* *mp* *ppp*

2

1

2

12

Hp.

pp 3 3 *mp* 3 3 *p* 3 *pp* 3

13

Hp.

3 3 *mf* 3 3 *p* 3 3 *mp* 3 3 *pp* 3

1

14

Hp.

3 3 *mf* 3 3 *mp* 3 3 *pp* 3

2

15

Hp.

3 3 *mp* 3 3 *pp* 3 3 *pp* 3

3

16

poco rit. **A tempo** comme des oiseaux

Hp.

3 3 *pp* 3 3 *pp* 3 3 *pp* 3 3 *mp* 3 3 *pp* 3 3 *p* 3 *mp*

glissando sur les cordes

main droite, avec les ongles

3

18

Hp.

pp 3 3 *pp* 3 3 *p* 3 *mp* 3 3 *mp* 3 3

20 *ord.* **tempo fluctuant** 3

Hp.

22

Hp.

ppp *mf* *ppp*

glissando sur les cordes

24

Hp.

mp *p* *ppp*

glissando sur les cordes

27

Hp.

p *mp* *p*

rit.

glissando et laisser vibrer

29 **Tempo primo, fluctuant**

Hp.

mp *p* *pp*

31 *rit.*

Hp.

mp *mp* *mp*

II

5

34 ♩ = 75 Le monde agricole

Hp.

tapez sur les cordes graves avec les palmes

mf comme des cloches

ppp *mf*

5

4

Hp.

comme des chevaux
tapez sur la caisse de résonance avec le bout des doigts
Accélérer et décélérer

vers le corps de l'instrument

ppp *mp*

Perc.

mp *mf*

simile

ppp *p* *ppp* *pp*

5

Perc.

vers les cordes

p *mp*

ppp *p* *ppp* *mp*

45 5

4

Perc.

ppp *p*

48 **rit.** **A tempo**

4

Hp.

p
pp 3 3 3 3 3

50

Hp.

mf
sons xylo.
dim.

52 **Whistling sounds**

4

Hp.

mp *p* *mp* *p*

56

Hp.

mp *p* *pp*
Cricket glissando

6

6

61 rit. A tempo

Perc.

mp mf mp pp

64

Hp.

p mp pp

66

Hp.

p mp pp

68

Hp.

pp mp

70

Hp.

pp

5

7

72

Glissando avec une clé

mp

p

Hp.

76

p

mf

Hp.

4

78

mf

ff

Hp.

80

Cricket glissando

p

pp

mp

Perc.

82

pp

mp

Hp.

Tempo fluctuant

4 réduire le tempo à la moitié

84

rit.

son xylo.

f

p

pp

ppp

mf

Hp.

III

8

7

87 $\text{♩} = 45$ L'arrivée des machines

Hp. *mp* *p*

mf *mp*

89

Hp. *mf*

90

90 $\text{♩} = 90$

Hp. *mp* *f*

8

92

92 *p*

95

95 *f*

gliss.

98

98 *mf* *mp*

100

Hp.

7

102 $\text{♩} = 45$
ord.

Hp.

9

104 $\text{♩} = 90$

Hp.

106 $\text{♩} = 45$

Hp.

107

Hp.

7

108 ad lib.

Hp.

110 Cricket glissando

IV

Flanger 100% jusqu'à la fin

10 Dal niente

11

♩ = 90 Vers le future

115

118

121

10

Dal niente



11

124

Hp.

p

mp



126

Hp.

pp

mp

p

gliss.

11



128

Hp.

p

mf

mf



130

Hp.

f

mp

131

Hp.

10

132

Hp.

gliss.

f

12

11 10 11

133

Hp.

p *mf*

f

135

Hp.

mf

136

Hp.

pp *ff*

137

Hp.

f *cresc.*

Tempo primo

11

139

Hp.

ff

12

144

Hp.

mf

crescendo dal niente

se fondre dans la harpe



147

rit.

Arpèges ad lib

bisbigliando

Hp.

mf *ff*

Annexes III - Partitions
d. Flores hechas de cielo /
Flowers made up of sky

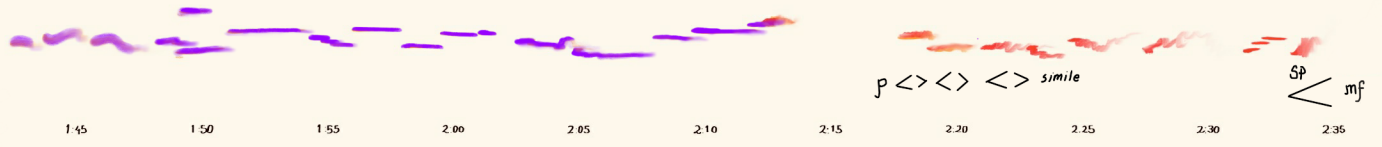
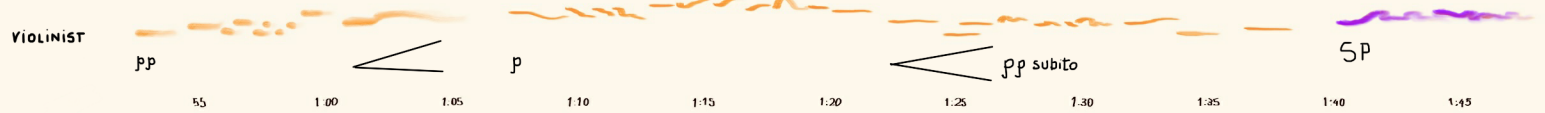
For violín, EEG composer & VR

Flowers made up of sky

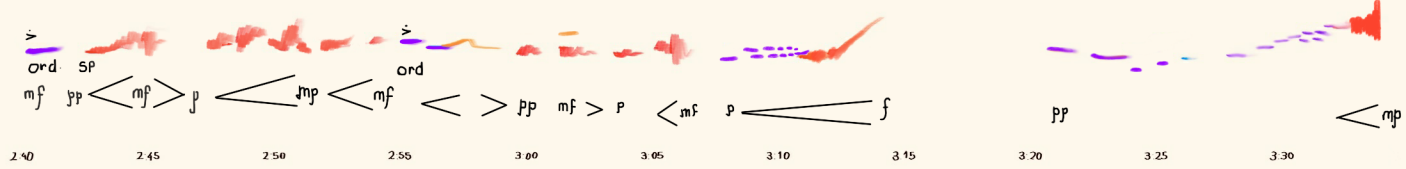
Romina S. Romay
 Text : Ana María Hernando

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55

COMPOSER *Eyes closed* ----->



Read: Engrosándose en el barro, robusto de negruras húmedas, flores con vocación de estrella.

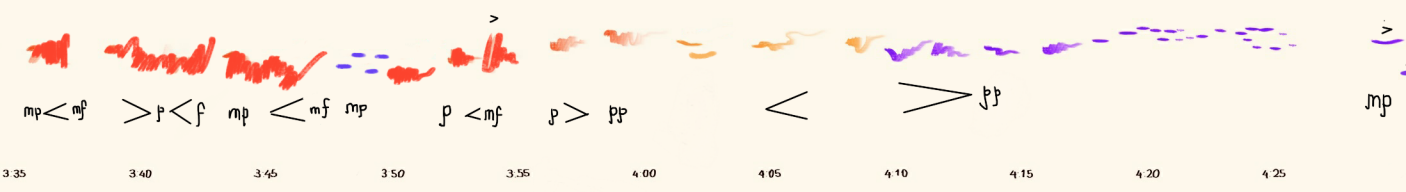


se anticipan agolpadas bajo el musgo angelical.

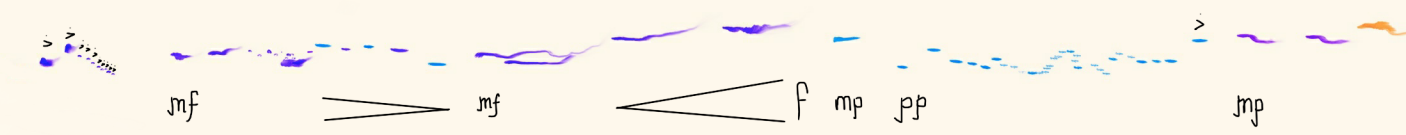
Estallarán, generosas, en incontenida lujuria celestial.

Traen con ellas ráfagas del universo.

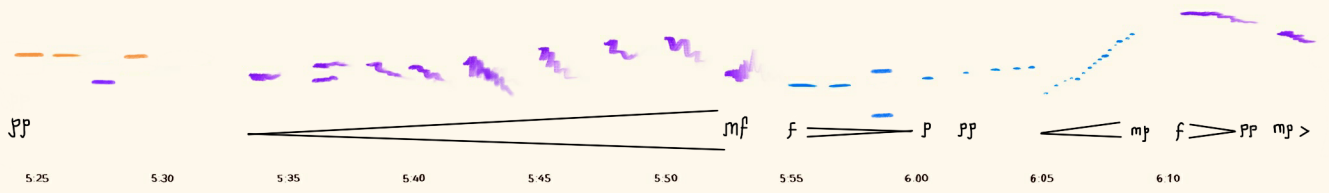
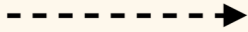
Move like a flower



----->

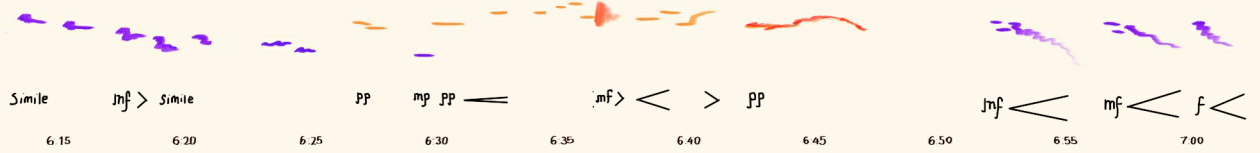


harmonics pizzicato tremolo ord



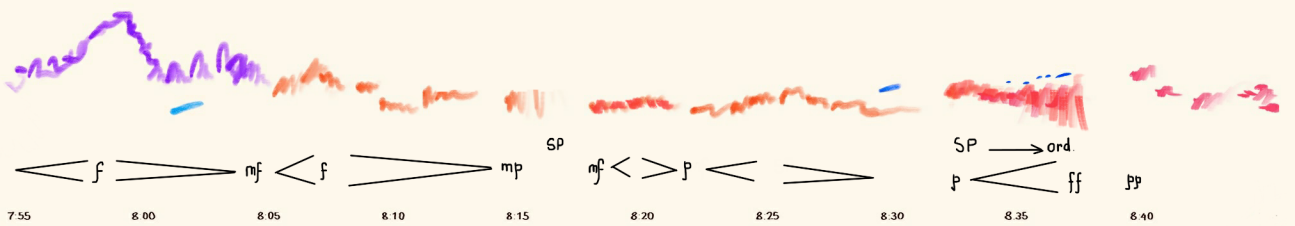
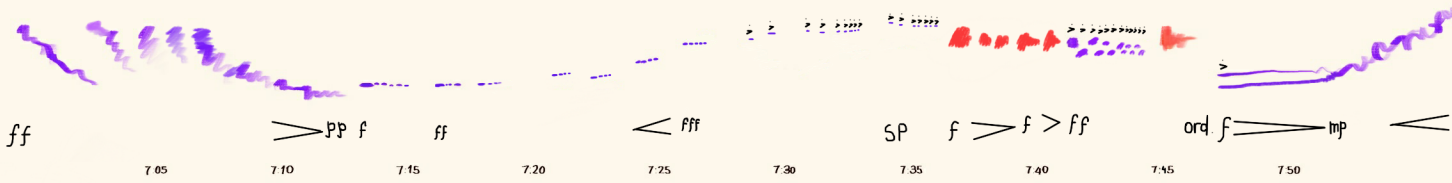
Read:

Quando se abran,
El cielo, enamorado,
Querrá besar la tierra.



El cielo, encendido,

caerá en rocío.



Relax and meditate - - - - ->



(meditating)

