

L'ART DE L'ATTENTION IV : SYMBIOSES

Diane Schuh
CICM/MUSIDANSE/EDESTA
MSH Paris Nord UAR 3258
schuh.diane@gmail.com

Tania Cortés
Universidad Politécnica
de Valencia
taniapaulinacb@gmail.com

Sebastián Sarasa Molina
CRD de Pantin
CRD de Noisy
sebastiansarasa@gmail.com

RÉSUMÉ

Partants des observations et des expériences effectuées au jardin en mouvement de la MSH Paris Nord depuis novembre 2020, nous avons mené un processus de recherche-crédation aboutissant à plusieurs restitutions qui expérimentent l'adaptabilité d'un dispositif. À partir de ce processus et pour les JIM 2023, nous proposons une performance musicale et visuelle qui teste et questionne différents modèles de symbiose et leurs applications dans un dispositif d'improvisation avec traitements en temps réel qui invite à l'écoute et à l'attention pour le vivant. Ce travail fait partie de notre recherche doctorale, sous contrat EDESTA, commencé en octobre 2021 sous la direction d'Anne Sèdes et la co-direction d'Alain Bonardi. Intitulée « Symbioses, milieux, jardins en mouvement : ce que le jardinier fait à la musique », cette thèse étudie les transferts des modèles et méthodes du jardin à la composition. Notre recherche explore notamment le potentiel pédagogique et opératoire du modèle de la symbiose dans l'élaboration de dispositifs de composition et d'écoute invitant à porter attention au vivant.

1. INTRODUCTION

1.1. Jardin en mouvement : observer l'auto-organisation du vivant

La construction de notre dispositif prend pour point de départ l'écoute, l'observation et la gestion du vivant dans le jardin en mouvement de la MSH Paris Nord.

Le concept de « Jardin en Mouvement » a été forgé à la fin des années 1980 par Gilles Clément, paysagiste, botaniste et jardinier. En s'inspirant de l'observation des dynamiques du vivant dans les friches, dans les lieux abandonnés par l'humain, il invente une manière de

jardiner [3]. Il s'agit d'observer avant d'agir, « de faire le plus avec, le moins possible contre¹. » afin de s'insérer dans le « flux du vivant² ».

Très peu contraint par l'humain, le jardin en mouvement présente un type d'auto-organisation qui nous permet d'observer des morphologies émergentes et dynamiques, dépendantes de leur milieu et des modes d'interactions humains/non-humains.

Ce type de gestion, à la base du projet des paysagistes du jardin de la MSH³, a été poursuivi grâce à notre mission de gestion paysagère et d'encadrement des jardiniers pendant l'année 2021-2022⁴. Ce jardin est alors devenu notre terrain pour explorer les multiples échelles qui le constituent, et les processus qui le font évoluer. Parmi les types d'interactions observés au jardin, nous avons porté notre intérêt sur les relations de type symbiotique. D'autre part, des expériences d'écoute⁵ et d'enregistrement⁶ du milieu sonore nous ont permis de constituer une bibliothèque de sons, de définir un type d'écoute et un substrat sonore pour la composition du dispositif.

Nous nous sommes demandés comment effectuer un transfert de ces expériences dans le domaine du musical afin de composer une musique « vivante⁷ » qui invite à l'écoute et à l'attention pour le vivant.

1.2. Symbioses et systèmes complexes : une heuristique d'investigation

La symbiose peut être entendue comme une coexistence durable au sein de laquelle les partenaires différents qu'elle implique tirent des bénéfices mutuels de leurs interactions [22]. Elle participe à la dynamique et à la diversité du vivant [23]. Les différents organismes et écosystèmes modèles qui ont permis à la fois

¹ [2] p.18.

² « Pour le jardin de friches la conception intervient après : c'est une manière de sculpture qui tranche dans le substrat vivant dont elle surveille les cycles. C'est une intervention de type biologique tout entière inféodée à la maintenance d'un espace entre les bornes d'une mobilité qu'on s'est fixée. Cela revient à dire que la conception de ce jardin est perpétuellement relancée par le mouvement et le temps et qu'elle prétend également diriger ce mouvement et ce temps. » [4], p. 21 et p.29.

³ Juliette Bailly-Maître et Roman Gallais de l'agence Mutabilis.

⁴ Voir partie 2 du présent article.

⁵ <https://www.mshparisnord.fr/valorisation-partenariats/initiatives-de-valorisation/recherche-creation-jardin/>

⁶ <https://arbimon.rfcx.org/project/msh-garden-audiomoth/audiodata/recordings>

⁷ Nous nous référons ici à des concepts développés par Horacio Vaggione. Nous développons dans les parties 3 et 4 de ce texte.

l'identification⁸ et la description de la symbiose nous donnent une typologie et un spectre de caractéristiques [5] qui modèlent notre cadre théorique.

La symbiose, dans son acception mutualiste, implique des relations de réciprocité dans un réseau complexe et multi-échelle qui inclut entraides et échanges, coopérations ; mais qui n'exclut pas la compétition, la prédation et le parasitisme.

La symbiose est également entendue comme dynamique évolutive et adaptative [5]. Elle produit des attachements entre les partenaires qui permettent à la fois une adaptation au milieu et – de fait – sa transformation [14] par modification des fonctions et des morphologies.

Ainsi, cultivés dans divers domaines, les observations et les développements symbiotiques peuvent être utiles pour renouveler et vulgariser les approches de la complexité et de la diversité, telles que théorisées, entre autres, par Edgar Morin [18].

Le modèle de la symbiose nous donne des outils opératoires pour rassembler et adapter des méthodes diversifiées dans l'élaboration d'un dispositif conduit par une démarche d'investigation et non de résolution : une démarche qui se concentre sur des processus plutôt que des structures stables [12].

Comment le modèle de la symbiose, sa capacité à produire des morphologies adaptatives et l'heuristique d'investigation qu'elle demande nous inspire des manières de développer un dispositif basé sur l'improvisation qui invite à l'écoute et à l'attention pour le vivant ?

Dans un premier temps, nous décrivons l'origine et l'évolution du dispositif que nous souhaitons présenter aux JIM 2023. Nous décrivons ensuite les modèles et modélisations choisies pour la composition de ce notre système. Enfin, nous nous intéresserons au type d'écoute que nous souhaitons développer à partir d'un dispositif construit sur la notion d'émergence.

2. PERFORMANCE ET ADAPTATION

2.1. L'Art de l'attention

Le dispositif que nous avons intitulé « L'Art de l'attention IV : Symbioses » est la recomposition d'une expérience d'écoute et de création musicale fondée sur l'attention au jardin et menée depuis 2020 à la MSH Paris Nord. En partant d'une écoute attentive du milieu sonore, nous avons tenté de révéler les complexités de ce milieu

hybride - entre nature en reconquête et ville post-industrielle - en pratiquant « l'Art de l'attention ».

Anna Tsing définit « the art of noticing⁹ » comme une manière de nous rendre attentif, de mener l'enquête et d'observer le milieu afin de mettre au jour les points d'articulation, le fonctionnement d'un milieu complexe et hybride :

« [...] il faut être attentif aux manières d'exister séparément et, en même temps, observer comment ces manières se tiennent les unes les autres grâce à des coordinations sporadiques, mais cruciales¹⁰. »

Pour Tsing il s'agit de se rendre attentif à la « polyphonie¹¹ » du milieu. Écouter le jardin de la MSH nous permet d'expérimenter de multiples échelles de perception. Au-delà des classifications « Low-Fi » et « High-Fi » établies par Schafer [24], nous entraînons notre oreille à écouter les hybridations permises à la fois par la géographie, la topographie et l'écologie du milieu. En contrebas de l'Avenue George Sand et de l'Avenue de la Métallurgie¹², encerclés par les passages, accélérations et décélérations des bus 239 et 139, des voitures, au milieu des flux sonores des humains, nous pouvons entendre – en fonction des saisons – les cymbalisations de la grande sauterelle verte (*Tettigonia viridissima*), les chants du Merle noir (*Turdus merula*), du Troglodyte mignon (*Troglodytes troglodytes*), du Chardonneret élégant (*Carduelis carduelis*), du Moineau domestique (*Passer domesticus*), de l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), etc.¹³. Certaines ne font que passer et d'autres s'établissent dans le jardin. À l'Est, le grand mur de béton de la MSH réverbère les sons et les redistribue. L'acoustique est complexe et chaque point d'écoute nous révèle un monde sonore riche et changeant. Les limites entre ville et jardin s'abolissent. Nous ne pouvons pas réduire cette écoute à deux plans : un fond sonore duquel se détacheraient des signaux remarquables. Le jardin de la MSH nous permet d'expérimenter la notion de milieu dans le sens développé par Berque [1]. Les polyphonies entendues forment un espace sonore dans lequel de multiples médiations s'opèrent, entre sujets et environnement¹⁴.

C'est donc à partir des expériences d'écoutes individuelles et collectives¹⁵, et à partir des échantillons sonores collectés au jardin que nous avons proposé une expérience musicale basée sur cette notion et qui tente de « faire-jardin » dans le domaine du musical.

⁸ Depuis sa découverte en 1877 par le botaniste et mycologue Albert Bernhard Frank (1839 – 1900), de nombreuses définitions ont été proposées. De Bary (1879), par exemple, y inclut le parasitisme complet et Schwendener (1829-1919), étudie la double nature des Lichens.

⁹ [26] p. 51.

¹⁰ [26] p. 353.

¹¹ *Ibidem*

¹² Plan interactif du jardin de la MSH Paris Nord : <https://dianeschuh.fr/carte-interactive.html>

¹³ La liste des espèces végétales et animales du Jardin de la MSH Paris Nord est en cours dans le cadre de notre travail de thèse "Symbioses, milieux, jardins en mouvement : ce que le jardinier fait à la musique"

sous la direction d'Anne Sèdes et co-direction d'Alain Bonardi (Paris 8, EDESTA, CICM).

¹⁴ Ce paragraphe est une reprise d'une partie de l'article : Diane SCHUH, « L'Art de l'attention : observer, écouter et composer avec le Jardin en mouvement de la MSH Paris Nord ». « International Symposium Unheard Landscapes » organisé par FKL, École de la Nature et du Paysage, AAU CRESSON, 29 octobre 2021 à Blois, à paraître 2023.

¹⁵ Balades sonores ouvertes au public proposées dans le cadre des Rendez-vous aux jardins et des Journées Européennes du Patrimoine à la MSH Paris Nord, en 2021 et 2022 ; et expériences personnelles d'écoute et d'enregistrement depuis décembre 2020.

« L'Art de l'attention » a d'abord été une pièce électroacoustique¹⁶ puis une recomposition pour un dispositif d'improvisation pour piano préparé, saxophone et électronique en temps réel¹⁷. Enfin, la pièce a été testée pour une interaction saxophone et électronique en temps réel lors d'un concert au jardin¹⁸ (Fig. 1).



Figure 1. « L'Art de l'attention III » aux Rendez-vous aux jardins, le 3 juin 2022 à la MSH Paris Nord. Photo ©Flavie Jeannin MSHPN.

Nous lions ici heuristique d'investigation et méthodologie de recherche-crédation. Chacune des itérations du projet « L'Art de l'attention » a été l'occasion de tester des hypothèses compositionnelles qui émergent de notre recherche. À chaque restitution nous avons pu réorienter notre démarche et nos méthodologies dans des allers-retours entre recherche et création, et arts et sciences. La recherche création est ainsi entendue comme un processus continu. Les diverses recompositions de la pièce nous ont permis d'expérimenter l'évolution d'un dispositif fermé et fixé sur bande vers un dispositif ouvert qui introduit la notion de « symbiose comportementale¹⁹ » lors d'une coopération d'improvisation en temps réel et ouverte sur le monde sonore du jardin.

2.2. Adaptations et adaptabilité

Cette dernière version du dispositif – que nous proposons de jouer aux JIM23 – introduit de nouvelles notions et contraintes. Ce nouveau dispositif se base sur la manière d'introduire la notion de symbiose en tant qu'un des éléments moteurs d'un système complexe. Ce nouveau dispositif introduit aussi la composition d'un espace sonore 3D ambisonique²⁰.

La partie instrumentale, qui entrera en interaction avec la partie électronique composée par Diane Schuh, sera jouée par le saxophoniste Sebastian Sarasa.

Sebastian Sarasa est engagé dans la création contemporaine et l'interdisciplinarité. Il travaille sur des notions proches de l'écologie sonore à travers sa pratique de l'improvisation libre, notamment avec le Duo Passerelle²¹. Il collabore avec Diane Schuh depuis décembre 2021. Ensemble ils développent une relation d'improvisation saxophone et électronique en temps réel dont la dernière production a été présentée au rendez-vous aux jardins 2022 à la MSH Paris Nord.

Pour cette adaptation du dispositif nous nous associons à Tania Cortés qui viendra compléter l'expérience sensorielle par l'ajout de visuels évoluant en temps réel, en interaction avec l'improvisation musicale. Tania Cortés est une compositrice et artiste multimédia équatorienne dont le travail vise à établir une relation sonore avec d'autres disciplines, en expérimentant différents formats et médias. Pour ce dispositif elle s'inspire de la poétique de la symbiose pour construire des visuels évoluant en temps réel avec la performance musicale.

Le patch vidéo TouchDesigner²² est construit à partir de deux systèmes différents. Le premier est construit sur le principe d'émergence de morphologies à partir du bruit. Grâce à un système de feedback et un objet noise (Fig. 2), les photos que nous avons prises au jardin (notre substrat visuel) sont granulées et se révèlent petit à petit selon l'évolution de la pièce. Nous travaillons ici la notion d'émergence à partir d'une convolution entre un système statique (la photo) et une transformation dynamique (l'algorithme du patch).

Le deuxième système travaillé par Tania Cortés pour ce dispositif (Fig. 2) est construit sur la poétique de la symbiose mycorhizienne²³. À partir de l'objet « L system », construit au moyen d'un algorithme fractal, nous pouvons afficher une modélisation de la croissance des rhizomes d'une symbiose mycorhizienne.

Cette visualisation de la pousse des rhizomes formant alors un réseau se fera en interaction avec le sonore,

¹⁶ <https://lemondeautre.fr/portfolio/lart-de-lattention-sound-installation-audio-walk/>

¹⁷ Pièce jouée lors du concert pour l'ouverture du Festival EcoZone à Nanterre, Les Salons de Musique du Conservatoire de Nanterre le 13 mai 2022. Avec Henrique Cantalogo au piano préparé, Sebastian Sarasa aux saxophones et Diane Schuh à l'électronique en temps réel.

¹⁸ <https://lemondeautre.fr/portfolio/lart-de-lattention-iii-improvisation/>

¹⁹ La symbiose comportementale ou *Behavioral symbiosis* implique la coopération régulière de deux animaux sans qu'il y est attachement physique ou intégration d'un organisme dans un autre. Cette notion est à questionner lors de nos coopérations humaines, as-t-elle du sens ici ? Sur cette notion, voir [6].

²⁰ Les précédentes performances ont été diffusées sur des dispositifs de 4 et 8 haut-parleurs, en 2D.

²¹ <https://on.soundcloud.com/KAMHU>

²² <https://derivative.ca/>

²³ La mycorhize (champignon-racine en grec) ou symbiose mycorhizienne est l'association durable et mutualiste entre des champignons microscopiques et la racine d'une plante. La plante fournit des sucres issus de la photosynthèse tandis que le champignon apporte à la plante des éléments nutritifs divers comme l'azote ou le phosphore et de l'eau. Voir Selosse M.-A. [22].

renforçant alors la poésie de l'interprète-jardinier et l'interaction musicien/électronique en tant que porteuse de morphologies.

L'introduction du visuel dans la performance nous permettra aussi de questionner la représentation de la nature et de la symbiose pour ce projet. Qu'est-ce que les modélisations par algorithme disent des morphologies du vivant ? Quels types d'émergence elles décrivent et quelles poétiques elles induisent ?



Figure 2. Deux moments de la composition visuelle interactive : à partir de l'implémentation d'un algorithme « L-Système » (rhizomes) et à partir de la granulation d'une photo (jardin). Captures d'écran du patch Touch Designer ©Tania Cortés.

L'interaction avec la vidéo introduit de nouvelles problématiques d'adaptation pour ce dispositif en temps réel. En effet, l'introduction du visuel interactif demande de fixer un cadre sur ce qui était une improvisation libre à partir d'une vingtaine de paramètres de l'électronique

(granulateurs, delays, spatialisation 8 canaux). Pour cette expérience, nous avons décidé de proposer une structure, que l'on pourrait entendre comme macro-forme musicale, au sein de laquelle l'improvisation pourra évoluer. Des jalons temporels seront définis et remarquables grâce au paramétrage des traitements et de la spatialisation. Ces jalons encadreront ce que nous pouvons nommer parties, permettant à Tania Cortés de définir l'évolution des formes du visuel en fonction de la forme musicale.

3. SYSTEMES, MODELES ET MODELISATIONS

Dans ce travail de composition à partir d'un modèle (le jardin) nous nous intéressons à divers types d'interactions du vivant que nous souhaitons modéliser dans l'environnement Max afin de contrôler les paramètres de composition de l'espace sonore ainsi que la génération de paramètres (*presets*) de traitement en temps réel.

3.1. Écosystèmes sonores et systèmes complexes adaptatifs : le patch comme « système-jardin »

Notre environnement de performance peut être entendu comme notre écosystème dans lequel la « création d'interactions voulues laisse[ant] des traces audibles²⁴ ». Il est cependant à noter que dans cette expérience de recherche-crédation nous nous éloignons du paradigme de « causalité circulaire²⁵ » et tentons d'expérimenter un système ouvert qui inclut à la fois feedbacks et circulations, mouvements périodiques induits par la modélisation mathématique de la symbiose (cf. 3.2.) et temporalités irréversibles.

3.1.1. Un système-jardin comme un Système Complexe Adaptatif

La théorie des systèmes complexes offre un cadre théorique et opératoire pour appréhender ce projet. Un Système Complexe Adaptatif (SCA) est un système constitué de plusieurs agents. Ces agents suivent des règles simples qui ne sont pas coordonnées par un processus moteur unique. De l'interaction de ces agents émergent des motifs (*patterns*). Si un ou plusieurs éléments du système sont altérés, le système réagit et/ou s'adapte [11].

Ainsi : « L'organisation [...] émerge comme le résultat de l'interaction entre les différents constituants des systèmes et son environnement. La complexité du système est le résultat des modèles d'interaction entre les éléments²⁶. »

Nous pouvons appréhender le jardin en mouvement comme un SCA et tenter une modélisation de celui-ci au moyen d'un espace composable numérique. Le jardin est

²⁴ « This is a substantial move from interactive music composing to composing musical interactions, and perhaps more precisely it should be described as a *shift from creating wanted sounds via interactive means, towards creating wanted interactions having audible traces*. In the latter case, one designs, implements and maintains a network of

connected components whose emergent behaviour in sound one calls music. » in Di Scipio Agostino [7] p.271.

²⁵ [16] p. 39-56.

²⁶ [10] p.653.

ici entendu comme matrice d'interactions, c'est-à-dire comme un ensemble de contraintes de régulation incarnées dans un espace et qui produit des morphologies en mouvement, dynamiques.

Les mécanismes biotiques (interactions du vivant sur le vivant) et abiotiques (actions du non-vivant sur le vivant) – que l'on peut transcrire en données numériques – permettant l'émergence d'un certain type de morphologies au jardin sont le moteur de notre composition. Le jardin peut être modélisé comme un système producteur de formes et de motifs récurrents dont la matrice peut être transposée dans l'espaces musical pour générer des morphologies obéissant aux mêmes dynamiques

Ce dispositif conduit par ce que nous appelons un système-jardin constitue alors notre manière de « faire-jardin » dans le domaine de la composition sonore, dans le but d'un rendu sensible pour le public, d'un partage d'une écoute commune.

3.1.2. *Système-jardin et composition multi-échelle*

Cette manière de faire-jardin au niveau de l'organisation de notre espace composable rejoint la notion de « Micro-monde compositionnel²⁷ » développée par Horacio Vaggione [29]. Nous nous basons sur une approche multi-échelle de la composition qui nous permet : « de penser l'ensemble du travail de composition en termes de réseaux flexibles et ouverts où des actions de nature diverse, exercées sur des niveaux temporels parfois non-congruents, créent des processus asymétriques et modifiables à tout instant. Le cadre général capable d'intégrer cette diversité devient ainsi un lieu où se tissent des interactions entre des objets *à la fois* multiples et singuliers²⁸. »

La pensée musicale de Vaggione – issue également de la pensée de la complexité – nous sert de cadre pour organiser notre système-jardin dans le domaine du musical, en faisant une opération de translation de la notion d'agent vers celle d'objet (pensé au sein d'une composition orientée objet²⁹).

Un système-jardin est donc un environnement numérique – notre instrument – qui modélise un système complexe et opératoire pour composer le son, le visuel et leurs interactions. Certaines parties de cet instrument sont des remises à l'échelles de processus moteurs, des interprétations de modèles mathématiques [19] devenant opératoires (voire opérateurs), des mises en

correspondances d'échelles de données (*mapping*), et d'autres sont des interprétations poétiques issues d'enregistrements et de relevés faits au jardin.

Nous revenons ici plus en détail sur l'un des modules du patch conçu à partir d'une modélisation mathématique de la symbiose.

3.2. Symbioses et interactions : modèles et modélisations

La symbiose est plus qu'un état, elle est un opérateur [6] : elle est le moteur des processus de coévolution³⁰. La symbiose est un opérateur évolutif qui construit et même renforce, voire augmente la diversité [15]. Les interactions symbiotiques permettent de faire émerger une grande diversité de morphologies, de saillances, elle enrichit un (éco)système³¹. La symbiose est un modèle qu'il nous semble intéressant de tester dans le projet de composition d'un système faisant émerger de multiples discontinuités et singularités.

Une partie de notre système est ainsi mis en mouvement par la modélisation d'un système opératoire décrivant, de manière simplifiée, des interactions symbiotiques. Nous présentons dans cet article le début de notre recherche sur l'implémentation d'une modélisation mathématique de la symbiose. Nous avons le projet de complexifier cette approche dans un second temps, ainsi que de tester ce modèle avec d'autres types d'outils de contrôle dans Max.

3.2.1. *Exemple de modélisation mathématique de la symbiose*

Les mathématiques offrent diverses équations construites à partir du modèle Lotka-Volterra³². Le modèle LV est un couple d'équations différentielles non linéaires du premier ordre, développé pour rendre compte de ruptures dans « l'équilibre d'espèces en compétition, considérées comme des espèces « associées » [19] ». Ce modèle d'équation initialement développé pour rendre compte de l'impact d'une population sur une autre, dans un modèle de type proie-prédateur (Équations (1) modèle LVC, pour *Lotka-Volterra Competition*), peut aussi être utilisée pour modéliser la croissance de populations mutualistes et des interactions symbiotiques [32] (Équation (2) une adaptation possible du modèle LVS, pour *Lotka-Volterra Symbiosis*³³).

²⁷ Cf. [29] sans pagination.

²⁸ *Ibidem*.

²⁹ « C'est en pensant moi-même dans ces termes que j'ai été amené, dès 1982, à concevoir des processus de composition basés sur la définition logique d'entités actives (objets) dotées de modalités de comportement spécifiques (méthodes), déterminées de manière numérique (codes) et dont leur fonctionnalité est en même temps dépendante de ses propres méthodes et du contexte de leur utilisation. » Vaggione H. [29].

³⁰ Nous pouvons alors parler de « symbiogenèse », c'est-à-dire un processus dans lequel deux organismes différents vont former une nouvelle unité, un nouvel organisme, du fait d'interactions prolongées et à bénéfices mutuels. Les interactions peuvent ainsi amener à des synthèses.

³¹ « Symbiosis provides an additional mechanism for adaptation/complexification than available under Mendelian genetics with which Evolutionary Computation (EC) is most widely associated. [...] symbiosis appears to represent a much more effective mechanism for automatic hierarchical model building » in Heywood M. I. et Lichodziejewski P., [9] p. 51.

³² Équations proposées indépendamment par Alfred James Lotka en 1925 et Vito Volterra en 1926. Voir Lotka A. J., [13], et Volterra V. [31].

³³ « Le travail mathématique de Vito Volterra était une réponse à une situation écologique, la rupture de l'équilibre d'espèces en compétition, considérées comme des espèces « associées ». À partir des équations décrivant les variations de ces populations en compétition, un simple changement de signe suffit pour obtenir les équations décrivant les

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = x(t) (\alpha - \beta y(t)) \\ \frac{dy(t)}{dt} = y(t) (\delta x(t) - \gamma) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} x = 0, & \quad y = \frac{\alpha x}{1 - x} \\ y = 0, & \quad y = \frac{x}{x + \beta} \end{aligned} \quad (2)$$

(1) Équation de Lotka-Volterra³⁴ où $x(t)$ = variation des proies en fonction du temps ; $y(t)$ = variation des prédateurs en fonction du temps ; alpha = taux de reproduction des proies ; beta = taux de mortalité des proies ; delta = taux de reproduction des prédateurs ; gamma = taux de mortalité des prédateurs.

(2) Modélisation mathématique d'une symbiose obligatoire [31].

Pour ce projet nous nous sommes fondés sur le concept de « cascade trophique³⁵ ». La « cascade trophique », en écologie, décrit la manière dont une interaction proie-prédateur affecte les diverses échelles d'un réseau trophique (réseaux de relations alimentaires entre organismes) et donc les morphologies d'un milieu entendu comme écosystème.

Nous nous sommes intéressés à un type de système dans lequel la modélisation d'une interactions proie-prédateur peut produire un équilibre qui devient alors bénéfique pour la formation et l'évolution d'un milieu. Nous élargissons et comprenons ici la relation de symbiose au jardin comme un équilibre entre humains et non-humains. Notre modélisation inclut ce troisième élément à la fois milieu et agent (le jardin) dont la gestion³⁶ des populations par l'humain construit les morphologies du milieu par cascade trophique. Nous considérons ici (de manière extrêmement simplifiée et pour la démonstration) les populations du jardin comme « proies », les humains comme « prédateurs » et les morphologies du jardin comme le résultat de ces interactions.

Ainsi, l'équation L-V nous sert de bloc-module pour mettre en relation diverses données qui rendent compte des interactions et des mouvements des êtres qui modèlent le jardin (le jardin étant entendu comme accumulation de micro-morphologies). Le modèle mathématique, utilisé comme expression dans notre

système, est compris comme un des éléments de la matrice de notre organisation, par la mise en réseau des interactions multiples lorsqu'il est placé dans un système multi-échelles.

En proposant un réseau de modules conduits par cette équation et mis en relation avec d'autres modules conduits par d'autres modèles génératifs, nous souhaitons ainsi proposer une interprétation du modèle qui se base sur la notion de circulation-recirculation.

En effet, comme le rappelle Perru : « En écologie, le modèle le plus simple d'un mutualisme entre deux espèces bien identifiées n'est pas spontanément mathématique. Comme de nombreux phénomènes biologiques ou écologiques, il s'inscrit d'abord dans un espace de représentation par des figures et des suites d'actions-réactions³⁷. »

Ainsi, placer ce modèle mathématique au sein d'un espace composable numérique permet l'intégration de plusieurs modes de représentation (expressions mathématique et objets mis en relation et en interactions). Pour ce dispositif, nous utilisons ce module pour effectuer une transduction d'une modélisation mathématique dans le domaine de l'espace sonore. Il s'agit ainsi de proposer une expérience sensible et sonore des phénomènes de mouvements de populations (présence/absence) par la composition de l'espace sonore.

3.2.2. Composer l'espace sonore

Dans cette première investigation expérimentale et avec le concours d'Alain Bonardi nous avons pu tester une interprétation du modèle en plan de phase de l'équation en la « mappant » sur un espace sonore en 3D, traité en 3 plans sonores au moyen de la bibliothèque HOA³⁸. Le modèle LV permet de « décrire les variations de densités de populations de deux espèces dans le mutualisme : en fonction de ces effectifs ou densités³⁹ ». Ici il nous permet d'organiser les variations et le mouvement de trois plans sonores, composant alors une situation sonore spatiale et changeante en fonction de l'évolution des paramètres (Fig. 3).

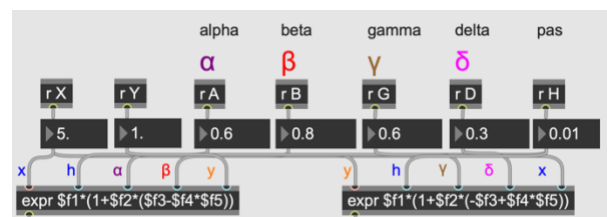


Figure 3. Implémentation de l'équation L-V dans Max : les trois plans qui composent l'espace

variations d'effectifs des populations mutualistes. » Perru Olivier [19] p. 223.

³⁴ Source Wikipedia.

³⁵ Voir le principe de « cascade trophique » dans un système qui inclut prédateurs, proies et plantes in Ripple William J. et Beschta Robert L., [21].

³⁶ par la méthode du « Jardin en mouvement ».

³⁷ [19] p. 227.

³⁸ Objets hoa.2d.map~ ; hoa.2d.projectror~ ; hoa.2d.process~ et hoa.fx.gain~ planewaves <http://hoalibrary.mshparisnord.fr/>

³⁹ [19] p. 232.

sonore sont chacun guidés par la dynamique d'une relation humains/non-humains au jardin.

Ou x = le jardin ; y = les humains ; α = taux de croissance des végétaux ; β = taux lié à la fauche des végétaux ; δ = variation de la fréquentation humaine au jardin ; γ = taux calculé en fonction des facteurs qui influencent l'absence des humains et H = le pas. Nous testons ici ce modèle avec des valeurs de références [17] qui décrivent une périodicité de deux tailles de populations⁴⁰ dont l'interaction présence/absence agit sur l'équilibre et la biodiversité d'un milieu.

Ce module rend sensible et perceptible dans l'espace sonore les mouvements induits par les fluctuations de présence/absence des humains par rapport aux non-humains. Cette expérimentation sensorielle nous permet aussi d'aborder la notion de niche et de récurrence en superposant plusieurs de ces modules et en les faisant fonctionner en parallèle.

Afin de faciliter son utilisation dans l'espace Max/MSP, Alain Bonardi a implémenté cette équation dans un module JavaScript⁴¹ qui, raccordé aux objets HOA, génère ces types de morphologies (Fig. 4.)

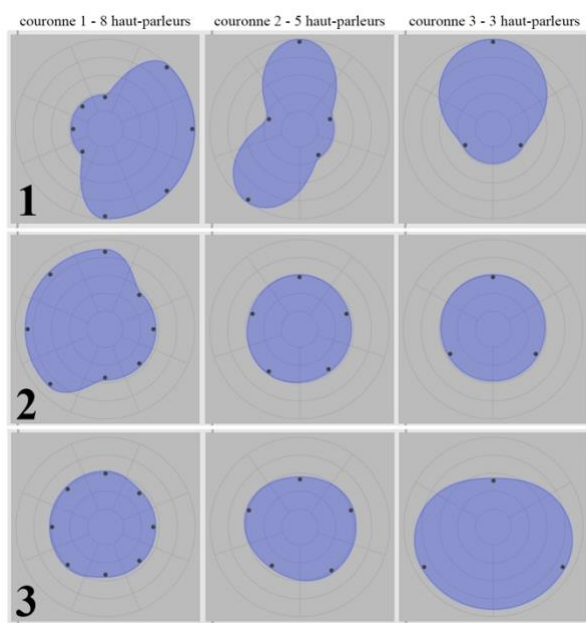


Figure 4. Représentation de l'espace sonore 3D en 3 espaces 2D superposés, commandés par le module de la Fig. 3. Le son est diffusé par trois couronnes de haut-parleurs (sur l'illustration : 8 haut-parleurs dans la colonne de gauche, 5 dans

celle du milieu et 3 dans celle de droite). L'illustration montre trois états possibles correspondant à trois temporalités, figées ici par la représentation (lignes 1 = $t1$, 2 = $t2$, 3 = $t3$).

Utiliser cette équation au sein de notre système nous permet de travailler la composition de discontinuités et leurs évolutions au niveau temporel et spatial. Nous souhaitons tester, avec cette modélisation, le potentiel de la symbiose entendue comme opérateur d'une évolution et non comme un état statique. Ce type de modélisation implique de considérer l'espace sonore comme une forme d'évolution dans le temps des matières sonores et des rythmes les uns par rapport aux autres. Le déroulement de la pièce est alors comparable à l'évolution de populations dans un environnement, en fonction de conditions de départ, c'est-à-dire une morphogenèse⁴².

Cette manière d'aborder l'espace sonore est alors complétée et complexifiée par l'utilisation de trajectoires et de transformations de l'espace sonore ambisonique au moyen des codes FAUST *décorrélation* et *trajectory* de la bibliothèque *abclib*⁴³. Ceci nous permet de rendre compte et de mapper d'autres paramètres observés au jardin. Ce système pose alors la question des échelles de données adéquates et notamment la définition même de ce qui constitue un individu au jardin dans un système de traduction basé sur le nombre⁴⁴.

Le module de base L-V et l'espace sonore qu'il transforme est intégré dans un système plus large. Il est inclus dans notre patch Max qui lui-même fait partie de notre espace composable étendu : partition, composition visuelle et performance d'improvisation électronique/saxophone. Ce dispositif teste la composition d'un espace sonore qui invite à une écoute basée sur les principes d'émergence et de diversité.

4. ÉCOUTE ET EMERGENCES

4.1. Émergences et saillances, éveiller à l'écoute des singularités

Ce dispositif ne cherche pas à reproduire le milieu sonore et visuel du jardin remis à l'échelle de la perception humaine mais à produire une expérience sensorielle et une attention sensible au vivant par le biais de l'écoute.

Composer en s'aidant de la théorie des SCA et d'un système de composition orienté objet nous permet de

⁴⁰ La prochaine étape du travail sera de définir ce que nous entendons par population au jardin, qu'est-ce que nous dénombrons et qu'est-ce que nous entendons par individu à dénombrer ici ? S'agit-il de rester au niveau poétique de l'implémentation d'une équation ou cherchons nous un « réalisme » des données ? Nous postulons que la réponse à ces questions se fait à l'écoute : quel paramétrage donne satisfaction au niveau de la recherche compositionnelle ?

⁴¹ Github avec les patches prochainement disponibles.

⁴² « Similar phenomena [emergence] can be described with rules of *morphostasis* (conservation of coherence, identity) and *morphogenesis* (dynamical behavior, change) which together capture the main

peculiarity of social and living systems: self-organisation » in Di Scipio A., [8] p.206.

⁴³ <https://github.com/alainbonardi/abclib>

⁴⁴ Lors de la constitution de notre état de l'art, nous n'avons pu mettre au jour qu'une seule utilisation de cette équation dans le champ de la composition musicale. Cette utilisation dans le domaine de l'algorithmique génétique ne montre pas les potentialités d'une modélisation multi-agents de la symbiose et reste une utilisation dans le domaine du macro temps (de la note), dans le domaine de l'imitation d'un style musical. Voir [20].

produire une musique qui rend compte du principe d'émergence en formant notamment des morphologies singulières. Nous faisons d'autre part l'hypothèse que la production de ces morphologies singulières, par émergence et donc non prévisibles, engagent alors l'auditeur et le spectateur dans une écoute impliquée, propice au développement d'un certain type d'attention : un type d'attention qui nous met à l'écoute du vivant.

Nous souhaitons ainsi développer une manière de composer qui encourage l'émergence de ces singularités : ce que Vaggione nomme « saillance⁴⁵ » et Thom « discontinuité⁴⁶ » pour l'organisation de morphologies toujours en mouvement, jamais tout à fait les mêmes.

4.2. Le substrat sonore : héritage et émergences

La poétique et l'esthétique sonore et visuelle de notre dispositif est basée sur le concept de « substrat sonore⁴⁷ ». Un substrat sonore (qui peut être spectral, structurel, timbral, morphologique) est ce qui sous-tend la composition en lui fournissant la matière première (*raw material*) qui sera mise en mouvement par le système-jardin : l'instrument et ces processus.

Ce que produit le substrat sonore, notamment l'organisation des morphologies, rejoint, par la notion d'émergence, les principes liés aux Systèmes Complexes Adaptatifs avec lesquels ils partagent des propriétés. En effet, des phénomènes d'émergence polyphoniques sont liés à la construction sous-jacente d'un substrat complexe.

Notre substrat est constitué d'enregistrements sonores faits au jardin (notre bibliothèque sonore) au moyen de dispositifs acoustiques passifs (Audiomoth⁴⁸) ainsi que du mécanisme d'organisation temporel de lecture et transformation de ces enregistrements (expliqué ci-dessus).

Les premiers essais expérimentaux ont montré que moins le substrat sonore est varié plus les émergences singulières sont rares, des morphologies identiques se réitèrent, on assiste comme en écologie à un appauvrissement du milieu, à une sorte de « monoculture ». Ce dispositif nous permet ainsi de tester les modalités de fabrication d'un substrat sonore riche : comment le paramétrer, comment l'articuler, qu'est-ce qu'il nous apprend de la notion d'héritage ?

Le paramétrage empirique et expérimental de ce système-jardin nous permet d'appréhender des caractéristiques communes à tous les systèmes complexes, et nous permettra de proposer d'autres expériences dans le champ de l'écologie sonore⁴⁹, par la recherche-crédation.

⁴⁵ « Les "saillances" sont des qualités (formes) locales qui émergent dans la tension du présent composé et qui peuvent donner lieu à une analyse morphologique approfondie afin de les faire rebondir en tant que porteuses de forme, en créant des classes qui accueillent et propagent leur spécificité : des détails morphologiques, en somme, qu'on peut faire ressortir et projeter dans d'autres localités, ici et là, dans le jeu de vecteurs de l'œuvre » Vaggione H., [28] p.55.

⁴⁶ « Le devoir premier de toute interprétation morphologique consiste dans la détermination des discontinuités d'une morphologie et des

« L'Art de l'attention IV : symbiose » nous permet ainsi de tester une nouvelle évolution du dispositif, questionnant alors son adaptabilité. Ce dispositif nous permet d'expérimenter le potentiel musical d'une modélisation de la symbiose au sein d'un système de composition orienté objet. Il nous permet également d'appréhender l'espace sonore en ambisonie 3D comme espace de composition de singularités sonores mouvantes qui invitent à une certaine écoute et à une certaine attention. Ce dispositif est également l'amorce d'un questionnement sur la notion de « symbiose comportementale » dans une expérience d'improvisation en interaction avec de l'électronique en temps réel, ainsi que des questionnements sur les types de représentations du vivant que nous souhaitons développer pour ce projet.

5. RÉFÉRENCES

1. Berque A., *Médiance, De milieux en paysages*, Paris, Belin, 2000.
2. Clément G. et Lhuillier S., *Je chemine avec... Gilles Clément*, Paris, France, Éditions du Seuil, 2020.
3. Clément Gilles, « La friche apprivoisée », *Urbanisme*, n° 209, septembre 1985.
4. Clément Gilles, *Où en est l'herbe ? Réflexions sur le Jardin Planétaire*, Actes Sud, 2006.
5. Daida J., Grasso C., Stanhope Stephen A., Ross S. J., « Symbioticism and Complex Adaptive Systems I: Implications of Having Symbiosis Occur in Nature », dans *Evolutionary Programming*, 1996.
6. Daida, J.M., Ross, S.J., Hannan, B.C.: « Biological symbiosis as a metaphor for computational hybridization. » In: *Proceedings of the International Conference on Genetic Algorithms*, pp. 328–335. Morgan Kaufmann, San Francisco (1995)
7. Di Scipio A., « 'Sound is the interface': From interactive to ecosystemic signal processing », dans *Organised Sound*, vol. 8, 1 décembre 2003.
8. Di Scipio A., « Formal Processes of Timbre Composition, Challenging the Dualistic Paradigm of Computer Music, A study in Composition Theory (II) », [En ligne], <https://www.researchgate.net/publication/236025212_Formal_Processes_of_Timbre_Composition_Challenging_the_Dualistic_Paradigm_of_Computer_Music_A_study_in_Composition_Theory_II>, (Consulté le 14 février 2023).
9. Heywood M.I. et Lichodziejewski P., « Symbiogenesis as a Mechanism for Building Complex Adaptive Systems: A Review », Berlin, Heidelberg, Springer, 2010, (Lecture Notes in Computer Science), p. 51-60.

parties stables de ces discontinuités. Dans cette interprétation apparaît la notion de singularité dont, en fait, la discontinuité est un cas particulier », Thom R. [25] p.91.

⁴⁷ [29] sans pagination.

⁴⁸ <https://www.openacousticdevices.info/audiomoth>

⁴⁹ Notamment l'étude des comparaisons entre écologie et composition du champ sonore, ainsi que la notion d'écosystème sonore investiguée par le compositeur Agostino Di Scipio.

10. Holden L. M., « Complex adaptive systems : concept analysis », *Journal of advanced nursing*, 52(6), 651–657. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03638.x>.
11. Holland J. H., *Complexity: a very short introduction*, Oxford, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, 2014.
12. Le Moigne J.-L. - *Partie 3 : L'intelligence de la conception*, 11 février 2019, [En ligne], <<https://www.youtube.com/watch?v=0-rJ7BchTiQ>>, (Consulté le 5 janvier 2023).
13. Lotka A. J., *Elements of Physical Biology*, Williams & Wilkins Company, 1925,
14. Margulis L. et Fester R., *Symbiosis as a Source of Evolutionary Innovation: Speciation and Morphogenesis*, MIT Press, 1991.
15. Maynard Smith J., « A Darwinian View of Symbiosis », ch. 3, pp. 26–39 (1991) in Margulis Lynn et Fester René, *Symbiosis as a Source of Evolutionary Innovation: Speciation and Morphogenesis*, MIT Press, 1991.
16. Meric R. et Solomos M., « Écosystèmes audibles et structures sonores émergentes dans la musique d'Agostino Di Scipio. Une collaboration entre philosophie de la musique et analyse musicale », dans *Musurgia*, vol. XVIII, Paris, ESKA, n° 3, 2011, p. 39-56, [En ligne], <<https://www.cairn.info/revue-musurgia-2011-3-page-39.htm>>, (Consulté le 14 février 2023).
17. Monod G., « Python, Méthode d'Euler explicite – Système d'ordre 1 »
18. Morin E., *Introduction à la pensée complexe*, Paris, France, Éditions du Seuil, 2005.
19. Perru O., « Modéliser la croissance des populations mutualistes : une question scientifique complexe », dans *Philosophia Scientiae*, vol. 15-3, Paris, Éditions Kimé, n° 3, 2011, p. 223-251, [En ligne], <<https://www.cairn.info/revue-philosophia-scientiae-2011-3-page-223.htm>>, (Consulté le 19 août 2022).
20. Polito J., Daida J. et Bersano T., « Musica ex machina: Composing 16th-century counterpoint with genetic programming and symbiosis », 10 avril 2006, p. 113-123
21. Ripple William J. et Beschta Robert L., « Trophic cascades in Yellowstone: The first 15 years after wolf reintroduction », dans *Biological Conservation*, vol. 145, n° 1, 1 janvier 2012, p. 205-213, [En ligne], <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320711004046>>, (Consulté le 14 février 2023).
22. Selosse M.-A., *La symbiose. Structures et fonctions, rôle écologique et évolutif*, Vuibert, 2000.
23. Selosse M.-A., *Symbiose et évolution : à l'origine de la cellule eucaryote*, [En ligne], <<https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/symbiose-evolution-lorigine-de-cellule-eucaryote/>>, (Consulté le 22 août 2022).
24. Schafer, R. M., *Le Paysage sonore, Le Monde comme musique*, Marseille, Wildproject, 2010.
25. Thom R., *Paraboles et catastrophes*, Paris, Flammarion, 1983, p. 91.
26. Tsing A. L., *Le Champignon de la fin du monde, Sur la possibilité de vivre dans les ruines du capitalisme*, trad. Philippe Pignarre, Paris, La Découverte, 2017.
27. Vaggione H., « Composing with Objects, Networks, and Time Scales: An Interview with Horacio Vaggione », dans *Computer Music Journal*, vol. 24, The MIT Press, n° 3, 2000, p. 9-22, [En ligne], <<https://www.jstor.org/stable/3681734>>, (Consulté le 21 octobre 2022).
28. Vaggione H., « Composition musicale et moyens informatiques : questions d'approche », In M. Solomos, A. Soulez, H. Vaggione, *Formel - informel, musique et philosophie*, Paris : L'Harmattan, 2003.
29. Vaggione H., « Objets, représentations, opérations » *Article 05 - Ars Sonora n°2*, [En ligne], <<http://www.ars-sonora.org/html/numeros/numero02/02e.htm>>, (Consulté le 6 septembre 2022).
30. Vaggione H., Composition musicale : représentations, granularités, émergences. In: *Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, n°48-49, 2008/1-2. Musique et Cognition.
31. Volterra V., « Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically », *Nature*, no 118, 1926
32. Williams L., *Modeling symbiosis by a Lotka-Volterra-type system of differential equations*, Thesis, mai 2013, [En ligne], <<https://twu-ir.tdl.org/handle/11274/10452>>, (Consulté le 19 août 2022).