



HAL
open science

OBJETS CONNECTES AU SERVICE DE LA PERFORMANCE INTERMEDIA, EXEMPLE DE DISPOSITIF INTERACTIF POUR LA COCOMPOSITION

Laurent Di Biase

► **To cite this version:**

Laurent Di Biase. OBJETS CONNECTES AU SERVICE DE LA PERFORMANCE INTERMEDIA, EXEMPLE DE DISPOSITIF INTERACTIF POUR LA COCOMPOSITION. Journées d'Informatique Musicale 2023, Association Francophone d'Informatique Musicale (AFIM); CICM/MUSIDANSE de l'université de Paris 8; Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord, May 2023, Saint-Denis, France. hal-04377292

HAL Id: hal-04377292

<https://hal.science/hal-04377292>

Submitted on 7 Jan 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

OBJETS CONNECTES AU SERVICE DE LA PERFORMANCE INTERMEDIA, EXEMPLE DE DISPOSITIF INTERACTIF POUR LA COCOMPOSITION

Laurent Di Biase

CICM / Laboratoire Musidanse

Université Paris 8

ldibiase@hotmail.com

RÉSUMÉ

Nous allons voir un exemple d'application de la technologie des objets connectés comme outil d'interaction, au service de l'expérimentation musicale pour la performance intermédia. Le cadre d'application évolue au sein d'un projet collaboratif, intitulé *Memomento*, écrit et réalisé en collaboration avec la compositrice et doctorante Cristina Papi. Les objectifs technologiques s'orientent vers le développement d'un design d'interaction en lien avec des objets du quotidien, choisis, détournés et augmentés pour les besoins de la performance [1]. Une position particulière propose également d'interroger notre relation au vivant. Tout en favorisant les conditions d'une approche compositionnelle ouverte et résiliente selon le contexte de création de la performance, et de son écriture dans le temps. Ce projet a été développé dans le cadre de recherches doctorales auprès de l'équipe de recherche du CICM, au sein de la Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord (MSH Paris Nord).

1. INTRODUCTION

L'Internet des Objets offre des outils permettant d'explorer le champ de l'interactivité, applicable aux domaines de la création sonore en réseau, tel l'Internet des Objets Audio [2] (Internet of Audio Things, IoAuT). La miniaturisation des systèmes embarqués répond à un besoin croissant dans le domaine de la domotique, afin de satisfaire à l'intégration des technologies de capteurs dans notre environnement en réseau pervasif. De plus, nous bénéficions des efforts constants de la communauté open-source, dans le but de démocratiser davantage les outils de prototypage libre. L'Internet des objets audio se développe majoritairement dans le contexte des villes et des maisons intelligentes. Les objets connectés réagissent à leur environnement, en rendant perméable la frontière entre réel et virtuel, via un système en réseau, sur un modèle d'interaction avec les ressources potentielles d'Internet. Et dans notre cas plus particulièrement, par l'utilisation du média sonore, où le contexte demande le traitement et la transmission

de flux entre de l'information et des données audio. En cela, le contexte de la création voit émerger dès lors un champ de recherche récent, l'Internet des Objets Musicaux (Internet of Musical Things, IoMusT [3]), qui se positionne à l'intersection de l'Internet des objets, des nouvelles interfaces d'expression musicale, de la musique ubiquitaire, des interactions humain-ordinateur, de l'intelligence artificielle et de l'art participatif. Ces technologies se retrouvent aisément accessibles depuis les plateformes open-source et les outils de programmation libres. Répondant à nos besoins, nous avons tenté dans le cadre d'un projet de création d'en exploiter le potentiel artistique.

Ainsi, *Memomento*¹ est un projet de performance intermédia de type « work in progress », qui questionne les relations entre la mémoire [4] et les objets, dans une médiation à travers le geste et le son. L'idée motrice est donc d'intégrer dans le processus de création sonore, la présence d'agents animés qui participent à la vie de la performance en direct. Afin que leur utilisation contribue à questionner leur charge mnésique dans les expériences sociales et personnelles. Pour y parvenir, il s'agit pour nous d'expérimenter un dispositif hybride conçu comme un réseau de liens entre la mémoire, les objets, les gestes et le son, ainsi que le vivant, dans le contexte de la performance concert. Bien que ce projet, tel qu'il ait été envisagé, demande le développement de divers outils technologiques, nous nous concentrerons, dans cet article, sur ce qui a été réalisé concernant précisément les objets connectés, conçus à l'aide de microcontrôleurs Arduino [5, 6] et de capteurs. Ainsi que sur la communication de données en temps réel entre les objets et des logiciels distants sur ordinateurs, à travers une connexion en réseau WIFI.

L'enjeu principal réside dans la mise en œuvre des scénarios d'interactions avec des objets connectés, et avec des animaux, en cohérence avec l'approche artistique du projet et la faisabilité. Des objets capables

¹ Présentation au public réalisée le 4 juin 2021 à la MSH Paris Nord

de générer un réseau de connexion entre machines, et de servir d'interface de contrôle pour interagir en temps réel avec le contexte et ses occupants. Et ainsi permettre aux performeurs, dans des jeux de relations avec l'environnement scénique, de contrôler à distance des partitions musicales, et de sonifier des données d'interactions en temps réel [7], via des patches Pure Data ou Max/MSP. A partir de cela, il a été question de définir quelle technique utiliser, et quelle méthode employer pour optimiser les interactions, soit en fonction d'objets usuels du quotidien, soit en fonction de la présence d'animaux dans l'espace scénique, comme agents participants à la composition.

2. MISE EN OEUVRE DU DISPOSITIF

2.1. Objectif et choix technologique

L'objectif du dispositif [8] est de permettre aux deux performeurs d'interagir avec des êtres vivants et des objets qui peuplent leur environnement direct, pour créer des sons. La scénographie s'organise autour de plusieurs objets augmentés et connectés, incluant la présence d'animaux, avec lesquels nous avons choisi de jouer, en utilisant leurs mouvements et leurs déplacements. Pour ce faire, j'ai choisi d'expérimenter la plateforme Arduino MKR1010², associée à divers types de capteurs environnementaux et inertiels, pour la détection du taux d'humidité, de la température ainsi que des mouvements et déplacements dans l'espace. Cette plateforme comporte toutes les caractéristiques techniques recherchées. Par sa petite taille, elle s'intègre facilement au design. Sa faible consommation sur batterie, et sa compatibilité avec tout type de capteurs. Ce qui confère à cette plateforme une grande autonomie, et une forte adaptabilité. Sa particularité, il est possible de communiquer en WIFI et d'instancier des serveurs, clients. Pour ainsi, par exemple, transmettre des paquets UDP en créant, ou en se connectant, à un réseau WIFI. Cela, avec le support d'une librairie Arduino intitulée WiFi-Nina³, dédiée aux cartes qui intègrent le module Wifi NINA. Les librairies standard qui constituent l'IDE Arduino sont aussi compatibles.

2.2. Sélection des objets

Des objets ont été sélectionnés en fonction des souvenirs personnels que nous gardons autour de la thématique de l'eau [9], de la mémoire, et de leur potentiel performatif. Des modèles d'interactions possibles ont ensuite été définis en fonction de leur faisabilité et des ressources disponibles. L'idée repose sur l'utilisation des données environnementales recueillies grâce aux capteurs embarqués sur des objets, afin de contrôler des paramètres de jeux musicaux en temps réel sur des patches de programmation. Leur autonomie en tant qu'objet/interface, et le décalage qui

existe par leur détournement, favorisent leur présence scénique, ainsi que le potentiel artistique d'un usage poétique de l'informatique, au service de la performance. Il sera ainsi question, par la suite, d'évoquer les différents objets réalisés pour le projet, et de préciser de quel genre de modifications, ils ont fait l'objet.

2.3. Principe du dispositif réalisé

Cinq cartes Arduino avec leurs capteurs ont été respectivement intégrées à cinq objets du quotidien, par l'utilisation de petits boîtiers externes. Deux de ces cartes ont été configurées pour créer deux réseaux WIFI locaux distincts de type Point d'Accès, afin de permettre à chacun des performeurs de bénéficier de leur propre réseau de connexion.

Les cartes Arduino embarquées sur les objets sont munies de capteurs permettant de recueillir des données inhérentes à leur utilisation. Par exemple, un capteur de température a été installé sur une bouilloire. Ces données sont alors transmises en temps réel au format OSC via un réseau WIFI, auquel se connecte un ordinateur au travers du protocole UDP. Ces dernières sont réceptionnées directement dans un patch de programmation sur Pure Data ou Max/Msp, afin de les utiliser en tant que valeurs dans des paramètres de composition en temps réel ou différé. (Figure 1)

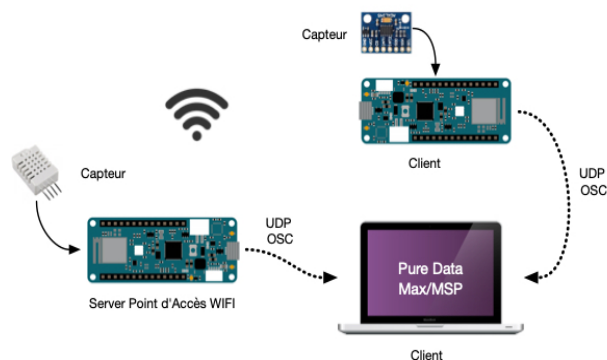


Figure 1. Schéma de principe du dispositif en réseau

3. LES DIFFERENTS OBJETS

Nous avons donc utilisé dans cette performance un dispositif composé de cinq objets interactifs, que je vais présenter ci-dessous. Il est question de proposer ici une description de principe, suivant la démarche employée pour l'intégration des technologies d'interactions et d'appropriation des objets, en lien intermittent avec des animaux.

3.1. La Tasse

Les gestes inhérents à l'utilisation d'une tasse deviennent des éléments de contrôle pour générer et moduler du son. Afin d'utiliser des données provenant de l'usage de cette tasse, un module de capteurs de type

² <https://docs.arduino.cc/hardware/mkr-wifi-1010>

³ <https://github.com/arduino-libraries/WiFiNINA>

MPU6050⁴ est intégré dans un boîtier et accroché à la tasse (Figure 2). Ce module embarque des capteurs permettant le relevé des données accélérométriques, des données gyroscopiques, de température et de proximité.



Figure 2. La tasse équipée de son boîtier

En effet, un capteur capacitif⁵ permet de ressentir la présence de la main du performeur. A proximité ou en contact avec l'objet, le capteur fait varier un flux de données. Un simple câble d'acier monobrin est utilisé à cet effet.

3.2. La Bouilloire

Nous avons choisi l'utilisation d'une bouilloire, destinée à faire chauffer de l'eau pour la préparation d'un thé à partager durant la performance, d'où la tasse précédemment. Un capteur de température et d'humidité de type DHT22⁶ est utilisé, et placé à proximité de l'embouchure. (Figure 3)



Figure 3. La bouilloire équipée de son boîtier et du capteur

Les données de variations de la température et du taux d'humidité sont alors capturées, et transmises pour ainsi faire moduler des paramètres de composition selon le déroulé de la pièce.

3.3. La Ceinture

Dans notre projet, l'espace scénique est considéré comme un support d'enregistrement de l'instant. En cela nous avons souhaité le sonder à l'aide d'un objet facile à porter, et utilisable à la manière d'une tête de lecture. Le choix se porta sur une ceinture, conçue de façon à être portée à la taille par l'un des performeurs, pour ainsi être utilisée lors d'une interprétation chorégraphique [10]. L'électronique est fixée sur une plaque en bois et incorporée dans une housse de smartphone, semblable à un ceinturon. Un module de mesure de distance LiDAR TF-Luna⁷, équipé d'un laser sensible jusqu'à 8 mètres, est utilisé comme un faisceau de lecture des volumes dans l'espace. (Figure 4)

Un second capteur est utilisé, le module MPU6050, qui intègre également ce dispositif, pour permettre de capturer les données relatives aux déplacements et aux mouvements du performeur.



Figure 4. La ceinture et son matériel électronique dans une housse à face transparente

3.4. Le Plateau

Ce plateau est conçu comme une surface sensible, destinée à accueillir et à offrir une espace d'évolution pour un groupe d'escargots. Deux capteurs de distance de type IR Sharp GP2Y0A41SK0F⁸ sont disposés sur l'un des bords du plateau afin de mesurer les déplacements de ces gastéropodes sur une échelle distance entre 4cm et 30cm. (Figure 5)

⁴ <https://joy-it.net/en/products/SEN-MPU6050>

⁵ <https://www.instructables.com/Capacitive-Sensing-for-Dummies/>

⁶ <https://joy-it.net/files/files/Produkte/SEN-DHT22/SEN-DHT22-Manual-20201215.pdf>

⁷ <http://en.benewake.com/product/detail/5e1c1fd04d839408076b6255.html>

⁸ https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a41sk_e.pdf



Figure 5. Le groupe d'escargots au repos sur leur plateau sensitif

3.5. L'Aquarium

Un poisson fait aussi partie des animaux qui cohabitent dans la performance. De l'espèce des combattants, celui-ci évolue à l'intérieur de son aquarium augmenté. Les données en trois dimensions de ses déplacements dans l'eau sont recueillies à l'aide de trois plaques d'aluminium faisant offices de capteurs capacitifs⁹. Les plaques sont emboîtées sur trois faces de l'aquarium, sur le côté droit, en dessous et sur la face arrière, où vient se fixer le boîtier intégrant l'électronique. (Figure 6)



Figure 6. Vue de l'aquarium où évolue le poisson

4. REALISATION DE L'ELECTRONIQUE ET DE LA PROGRAMMATION

Nous allons voir ici un exemple de la méthode adoptée pour la réalisation des objets interactifs en prenant l'exemple de la tasse. Cette étape concerne particulièrement la production d'un dispositif tant pour la partie système électronique que dans la partie programmation de l'interface.

4.1. L'exemple de la Tasse

Cet objet intègre le module MPU6050, composé d'un capteur de température, ainsi que deux capteurs micromécaniques, un accéléromètre qui mesure les accélérations dans l'espace et un gyroscope qui mesure les rotations. Et il intègre également un câble monobrin dénudé servant de capteur capacitif passif. Ici le module s'alimente directement depuis la carte Arduino en 5V et utilise l'interface I2C pour communiquer, en reliant les ports SDA et SCL. Une résistance de 680KOhm est utilisée pour câbler le capteur capacitif sur deux des entrées digitales. L'ensemble est alimenté à l'aide d'une batterie Li-Po de 3,7V de 1100mA. (Figure 7)

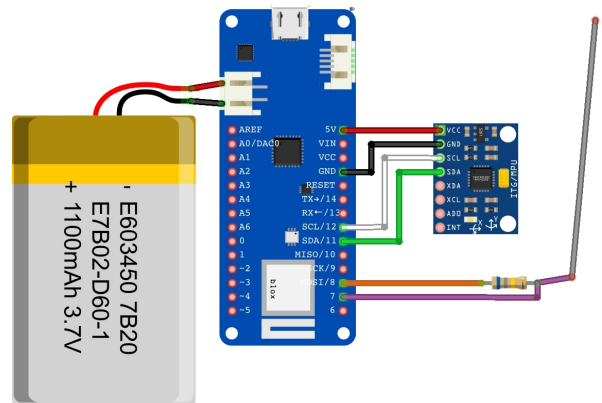


Figure 7. Schéma du dispositif de la tasse

En ce qui concerne la partie programme, les besoins étaient d'utiliser un serveur en tant que borne de point d'accès WIFI, d'interfacer les capteurs avec le microcontrôleur, et de configurer la transmission de messages OSC portant les différentes valeurs de données des capteurs via UDP¹⁰. Ce protocole a été choisi, car il permet d'échanger des quantités de données rapidement entre un serveur et un client.

4.1.1. La programmation dans l'IDE Arduino

L'IDE Arduino fonctionne avec le langage C++. Afin de configurer la carte MKR1010, plusieurs bibliothèques ont dû être implémentées. La bibliothèque Wifi-NINA permet d'instancier le serveur et de se connecter à un réseau WIFI. Les bibliothèques SPI et Wire permettent de contrôler les appareils et de les faire communiquer entre eux. Les bibliothèques Capacitive Sensor, Adafruit MPU6050, Adafruit Sensor, permettent de contrôler les capteurs. Et la bibliothèque OSCBundle, quant à elle, sert à la gestion des communications en OSC via UDP. Avec la particularité de permettre l'échange de plusieurs messages simultanés avec les patchs sur ordinateurs.

⁹ <https://makezine.com/projects/a-touchless-3d-tracking-interface/>
<https://www.instructables.com/DIY-3D-Controller/>

¹⁰ https://fr.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol

Pour configurer le serveur en point d'accès, afin de transmettre des données en OSC, je me suis inspiré des travaux de Federico Peliti et de son projet Wifi Access Point for OSC¹¹. Celui-ci est disponible sur la plateforme Github, et s'inspire également des travaux menés par Tom Igoe¹² et Adrian Freed¹³. Pour les objets considérés comme clients, j'ai utilisé le croquis dédié provenant de la librairie Wifi-NINA. Dans l'écriture, il est donc nécessaire en premier lieu de déclarer les librairies, les informations de connexion, ainsi que les différents capteurs selon leurs raccordements aux entrées du microcontrôleur. J'ai ensuite implémenté les parties concernant la programmation des capteurs selon leurs spécificités, et modifier la programmation de l'OSC pour permettre l'envoi de plusieurs paquets de données en même temps, dans le cas de l'utilisation de plusieurs capteurs en parallèles sur un même objet.

```
#include <SPI.h>
#include <WiFiNINA.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <OSCBundle.h>
#include <CapacitiveSensor.h>
#include <Adafruit MPU6050.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Wire.h>

Adafruit MPU6050 mpu;
Adafruit_Sensor *mpu_temp;

int status = WL_IDLE_STATUS;

char ssid[] = "NomDuReseau";
char pass[] = "MotDePasse";

IPAddress outIp(192, 168, 4, 2);
unsigned int localPort = 9999;
const unsigned int outPort = 8007;

WiFiServer server(80);
WiFiUDP Udp;

CapacitiveSensor cs_7_8 = CapacitiveSensor(7,8);
```

Ensuite, il s'agit de configurer le serveur en point d'accès wifi, ainsi que les paramètres concernant le module MPU6050. Pour synthétiser ici, j'ai conservé uniquement le capteur de température.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ;
  }
  Serial.println("OSC Access Point");

  if (WiFi.status() == WL_NO_MODULE) {
    Serial.println("Communication with WiFi module failed!");
    while (true);
  }

  Serial.print("Creating access point named: ");
  Serial.println(ssid);
```

```
status = WiFi.beginAP(ssid, pass);
if (status != WL_AP_LISTENING) {
  Serial.println("Creating access point failed");
  while (true);
}
delay(10000);

server.begin();
printWiFiStatus();

Serial.println("\nStarting connection to server...");
Udp.begin(localPort);

if (!mpu.begin()) {
  Serial.println("Failed to find MPU6050 chip");
  while (1) {
    delay(10);
  }
}

mpu.setFilterBandwidth(MPU6050_BAND_21_HZ);

Serial.println("MPU6050 Found!");
mpu_temp = mpu.getTemperatureSensor();
mpu_temp->printSensorDetails();
```

Puis, l'étape permettant de recueillir les données provenant des capteurs et de les afficher.

```
void loop() {

  sensors_event_t temp;
  mpu_temp->getEvent(&temp);

  Serial.print("\t\tTemperature ");
  Serial.print(temp.temperature);
  Serial.println(" deg C");

  long start = millis();
  long touch = cs_7_8.capacitiveSensor(30);

  Serial.print(millis() - start);
  Serial.print("\t");

  Serial.print(touch);
  Serial.print("\t");
```

Cela nous permet par la suite de configurer la communication OSC et de définir les paquets à envoyer.

```
OSCBundle bndl;

bndl.add("/MugTouch").add((float)touch);
bndl.add("/MugAccel").add((float)temp.temperature);

Udp.beginPacket(outIp, outPort);
bndl.send(Udp);
Udp.endPacket();
bndl.empty();

delay(20);
}
```

4.1.2. La programmation des patches

Concernant la partie réception des données, l'ordinateur doit être connecté au même réseau wifi partagé avec les microcontrôleurs, ainsi que l'adresse IP. Nous allons voir ici comment configurer un patch

¹¹ <https://github.com/AhUhhmm/Arduino-WiFi-Access-Point-for-OSC>

¹² <https://github.com/tigoe>

¹³ <https://github.com/adrianfreed>

sous Pure Data pour utiliser les valeurs provenant des données des capteurs. Le principe reste identique dans le cas d'un patch sous Max/MSP. (Figure 8)

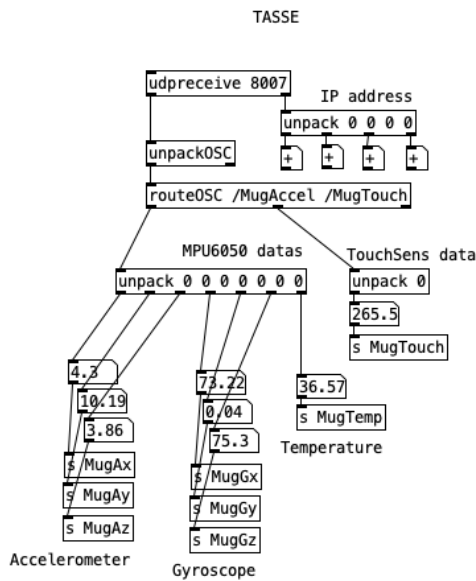


Figure 8. Réception des données OSC de la tasse dans un patch Pure Data et leur routage avec l'objet *send*

Les données, une fois réceptionnées dans Pure Data, sont transmises via le couple d'objets *send* – *receive* à la matrice de mixage des sources audio, afin d'entrer dans la chaîne de traitement. Toujours dans le cas de la tasse, les données d'inclinaisons de l'objet déclenchent des séquences audio en fonction du degré, contenant des sons évocateurs de l'eau, avec par exemple, des sons de glitches traités à l'aide d'un pitch-shifter. Jusqu'au point d'inclinaison horizontal, où se déclenche des sons de bourdonnements d'abeilles. Pour cela, un sous-patch est alors conçu pour effectuer la tâche de détection des différents seuils, calibré en fonction des besoins avec une opération binaire en amont dans le patch. (Figure 9)

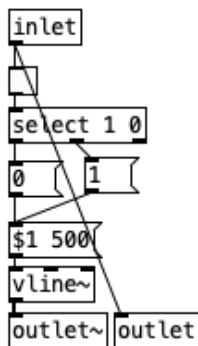


Figure 9. Détail de l'algorithme de détection de seuil, la sortie de gauche comprend les valeurs attendues, la sortie de droite, les valeurs de déclenchement

Les traitements audio sont élaborés à l'aide de la librairie *else*¹⁴, conçue par Alexandre Torres Porres, ainsi que la librairie *faustgen2*¹⁵ développée par Pierre Guillot et Albert Graef au CICM. Le matriçage des signaux est conçu pour une diffusion sonore en quadraphonie, et utilise pour ce faire les outils HOA de la librairie *ceammc*¹⁶, tenue à jour par le Centre de musique électroacoustique du Conservatoire de Moscou (CEAMMC) et par le studio ZIL-electro, pour une compatibilité avec Pure Data.

5. APPROCHE COMPOSITIONNELLE

Les degrés de collaboration dans ce projet relève du partage, avec Cristina Papi, de l'écriture de l'oeuvre performative dans l'ensemble de ses aspects, réalisation, mise en scène, situations et interactions, ainsi que de l'écriture sonore et musicale dans les grandes lignes conceptuelles. Le partage de l'espace de création entre les acteurs et agents participants, comme les animaux et les objets dans ce dispositif, crée une dynamique tripartite. De ce modèle de cocréation [11] se dessine la performance dans des jeux d'interactions entre les acteurs, les agents et les ordinateurs, à travers l'usage d'objets connectés. Oscillant ainsi entre actions définies et situations imprévisibles. La présence de différents animaux sur scène participe aux actions de la performance. Ils intègrent ainsi le processus de création à leur échelle. En retour, nous leur apportons de la nourriture. Cette relation contribue à nous rappeler nos liens évidents avec le vivant.

La composition s'articule ainsi autour de l'écriture d'un scénario, axé sur les liens poétiques entre les animaux, les objets, les gestes des performeurs et le contexte, dans un jeu de friction entre réel et imaginaire. Afin de structurer cette approche, nous avons divisé le temps de la performance en plusieurs scènes distinctes. La production de sons est liée au dispositif instrumental, se définissant autour des événements et des situations d'interactions précises. L'audio est généré en fonction de la nature des éléments déterminés, de leur apparition dans le temps et des différentes interactions établies. L'écriture compositionnelle reste ouverte aux moments d'improvisations, et se veut libre de se développer dans cette relation en coprésence avec le vivant, avec les objets, en fonction de l'instant. Une réflexion profonde a été entreprise autour des moyens permettant de formaliser, de caractériser, le concept de mémoire dans ce qui la constitue comme flux, comme structure, mais aussi dans son altération, à travers l'oubli et l'interprétation. Par exemple, avec l'utilisation de l'eau comme élément métaphorique. Sans rentrer dans les détails, nous allons voir selon quels principes s'articule le composable, ainsi que la création des formes sonores dans ce projet.

¹⁴ <https://github.com/porres/pd-else>

¹⁵ <https://github.com/CICM/pd-faustgen>

¹⁶ <https://github.com/uliss/pure-data/tree/ceammc/ceammc>

5.1. Modèle d'écriture

Le modèle d'écriture s'organise principalement autour du déclenchement d'évènements selon des jeux de relations et d'interactions avec les animaux, et avec les objets, en favorisant les décalages de sens. De cette coprésence de l'action, du geste et des mouvements tangibles, prenant pied dans la réalité et renvoyant à la temporalité de l'œuvre par une coprésence des durées, passée, présent et futur au moyen d'une plasticité renouvelée. Nous tentons de produire une altération du sens, de l'esthésie¹⁷, au moment même où il est en acte, vers un élargissement de l'expérience sensible. Ceci, afin de parvenir à une forme de dialogue qui s'affirme ou s'estompe selon des degrés de cohésion. Dans l'objectif de jouer avec le flou des potentielles limites, entre imagination et réalité, et ainsi faire émerger du sens dans une nouvelle représentation du réel. Les dialogues se définissent selon différents schémas, soit entre les deux performeurs, soit entre un performeur, un objet, une situation, ou encore avec les animaux.

La composition s'établit donc principalement autour de jeux de relations à travers la présence ou l'absence des performeurs, des animaux et des objets en fonction des actions, et des situations qui se créent au fil de la narration. Par exemple, nous faisons dialoguer la bouilloire avec le poisson, la tasse de thé avec les escargots. Ce principe se décline ainsi de suite, en se jouant des décalages entre les gestes et les sons, entre des moments précis et la représentation personnelle ou collective de leurs usages. Sur scène, dans une atmosphère calme d'intérieur domestique, Cristina commence par nourrir les poissons dans leur aquarium. Pendant ce temps, Laurent prépare de l'eau chaude avec la bouilloire afin de servir deux tasses de thé. Les actions s'entremêlent entre jeux musicaux, gestes et situations du quotidien, tout en maintenant par alternance un usage des ordinateurs. Cristina joue avec les escargots sur leur plateau avec de la nourriture, et je l'invite ensuite à danser ensemble avec la ceinture, pour finir en cherchant à se trouver dans l'espace de part les distances qui nous séparent.

Pour exprimer les degrés de cohésion, nous avons utilisé la méthode des seuils de déclenchement, qui module les sons ou leurs traitements en fonction de la variation de l'intensité des valeurs de données générées par les interactions. En ce qui concerne les sons, nous utilisons des bruits d'animaux sauvages, baleine, dauphins, insectes, ainsi que des sons d'ambiances et d'espaces naturels, qui sont ensuite retravaillés en direct. Nous nous sommes inspirés de l'élément eau, avec l'utilisation de différents bruits enregistrés, mais aussi en tant que référence, dans le choix des traitements, avec par exemple de la synthèse granulaire pour sa force évocatrice de l'élément. La synthèse soustractive est également employée pour son évocation

de la perte de détails inhérents au processus de la mémoire, par phénomène de filtrage.

Ainsi dans cette intention d'explorer le concept de la mémoire, nous avons établi un répertoire d'effets sonores élémentaires [12] tel que le délai, la granulation ou l'échantillonnage, ré-échantillonnage, ainsi que des effets de perception comme la rémanence, et des effets sémantiques de décalage. Par exemple, enregistrer une séquence de la performance au hasard durant son déroulement et la rejouer à un moment précis avec de la perte d'informations, comme dans une tentative d'évoquer la forme du souvenir. Dans un jeu de tension, à l'inverse, l'idée est d'aller puiser dans l'instant, c'est-à-dire, d'inclure à un moment précis, du son d'ambiance provenant de l'environnement extérieur du lieu où se déroule la performance, créant ainsi un décalage de perception au pouvoir onirique.

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons vu dans cet article la présentation du projet collaboratif *Memomento* et de ses enjeux artistiques et techniques. Plus précisément, la description des objets interactifs, ainsi que l'approche compositionnelle, qui ont servi à la réalisation d'une performance intermédia. Nous avons abordé l'intégration des technologies de l'Internet des Objets, issu de la communauté open-source, et comment celle-ci favorise dans notre projet l'utilisation de dispositifs connectés pour la production d'une œuvre multimédia. Des objets capables de servir d'interfaces de contrôle, permettant d'interagir en temps réel avec des patches de programmation via des logiciels tel que Pure Data, et de jouer ainsi des partitions sonores et musicales. Pour cela, nous avons décrit les technologies utilisées ainsi que leur principe de mise en œuvre, tant par la fabrication de ces objets, que par l'écriture de la performance, afin de répondre aux enjeux artistiques du projet.

Ce travail est le terrain d'application d'une recherche questionnant les liens entre les domaines de la performance, de l'art interactif et de la musique en réseau [13]. Dans le cadre d'une œuvre performative, il a permis d'expérimentation des interactions avec des êtres vivants et avec des objets du quotidien, grâce à la technologie de l'Internet des Objets. L'environnement scénique y est abordé comme un terrain d'exploration artistique. La perspective de ce travail évolue désormais vers un questionnement des conditions de création en environnement extérieur et plus précisément en milieu urbain.

7. REMERCIEMENTS

De sincères remerciements sont adressés tout d'abord à ma collaboratrice, Cristina Papi, pour le développement et la réalisation en commun de ce projet, ainsi que pour nos partenaires de production et de

¹⁷ <https://fr.wiktionary.org/wiki/esth%C3%A9sie>

diffusion, avec le soutien de l'EUR-ArTec ainsi que l'aide de la MSH Paris Nord.

8. REFERENCES

1. Michel de Certeau, *L'invention du quotidien, I : Arts de faire*, Folio Essai, Gallimard, 1990
2. Carlo Fischione, Luca Turchet, György Fazekas, Mathieu Lagrange, Hossein S Ghadikolaei, *The Internet of Audio Things: state-of-the-art, vision, and challenges*, IEEE Internet of Things Journal, 2020.
3. Lucas Turchet, Carlo Fischione, Georg Essl, Damian Keller, and Mathieu Barthet, "Internet of Musical Things: Vision and Challenges," IEEE Access, vol. 6, pp. 61 994–62 017, 2018.
4. Touboul, Patricia. « Ce que l'art fait à la mémoire : le renouvellement éthique de l'appropriation du temps humain », *Nouvelle revue d'esthétique*, vol. 18, no. 2, 2016, pp. 103-114.
5. Mike Cook, *Arduino music and audio projects*, Spinger Libri, 2016
6. Brent Edstrom, *Arduino for musicians: A complete guide to arduino and teensy microcontrollers*, Oxford University Press, 2016
7. Thomas Hermann, Andy Hunt, John G. Neuhoff, *The Sonification Handbook*, Logos Verlag Berlin GmbH, 2011.
8. Sandrine Baranski, *Manières de créer des sons : l'œuvre musicale versus le dispositif musical (expérimental, cybernétique ou complexe)*, Revue DEMéter, Université Lille-3, 2009
9. Gaston Bachelard, *L'eau et les rêves : Essai sur l'imagination de la matière*, 1942, édition électronique Université du Québec à Chicoutimi, 2016.
10. Christopher R. Morgan, *A Motion-based Controller for Real-time Computer Music with applications for Dance Choreography and Music Composition, The Design, Construction and Programming of a Wireless accelerometer-based interface system*, Collin College, 2018
11. Alexandros Kontogeorgakopoulos, Olivia Kotsifa, *Game|lan: co-designing and co-creating an orchestra of digital musical instruments within the fab lab network*, Linux Audio Conference, CCRMA, Université de Stanford, 2019
12. Jean-Francois Augoyard et Henri Torgue, *A l'écoute de l'environnement, Répertoire des effets sonores*, Ed. Parenthèses, 1995
13. Sandrine Baranski, *La musique en réseau, une musique de la complexité ?*, Editions universitaires européennes, 2010