

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 outils 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*, projet écrit et réalisé en collaboration avec la compositrice et doctorante Cristina Papi. Les objectifs technologiques s'orientent selon le développement d'un design d'objets augmentés, choisis et détournés pour les besoins, selon leur potentiel poétique et artistique [1]. Une position particulière propose d'interroger la présence du vivant, ainsi que notre relation aux objets du quotidien. Ceci, dans les conditions de conserver 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]. 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, (Internet of Audio Things, IoAuT), se développe majoritairement dans le contexte des villes et maisons intelligentes. Les objets connectés réagissent à leur environnement permettant de rendre 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 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. 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 des objets interactifs qui participent à la vie de la performance en direct. Afin que leur utilisation contribue à questionner la charge mnésique des 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, 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 augmentés et connectés, en cohérence avec l'approche artistique du projet et leur faisabilité. Des objets capables de générer

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

un réseau de connexion entre machines et de servir d'interface de contrôle pour interagir en temps réel avec le contexte et ses occupants. Pour 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 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 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, la rend autonome et adaptable. Sa particularité, il est possible avec cette plateforme de communiquer en WIFI et d'instancier des serveurs, clients et de transmettre des paquets UDP en créant, et/ ou, en se connectant à un réseau WIFI. Cela avec le support d'une librairie Arduino intitulé WiFi-Nina³, dédiées aux cartes utilisant le module Wifi NINA. Les librairies standard qui constituent l'IDE Arduino lui 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 entre leur nature première et leur fonction

détournée, favorise la présence scénique et le potentiel artistique pour une forme d'usage poétique de l'informatique au service de la performance. Il sera ainsi question, par la suite, d'évoquer les différents objets réalisés pour la performance et de préciser de quel genre de modifications, ils ont fait l'objet.

2.3. Principe du dispositif réalisé

Le principe employé se décrit de la manière suivante. Cinq cartes Arduino avec leurs capteurs ont été respectivement intégrées à différents 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.

Les cartes Arduino embarquées sur les objets sont munies de capteurs permettant de recueillir des données inhérentes à l'utilisation de ces objets, par exemple, un capteur de température installé sur une bouilloire. Ces données sont alors transmises en temps réel au format OSC via un réseau WIFI auquel se connecte l'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. (Figure 1)

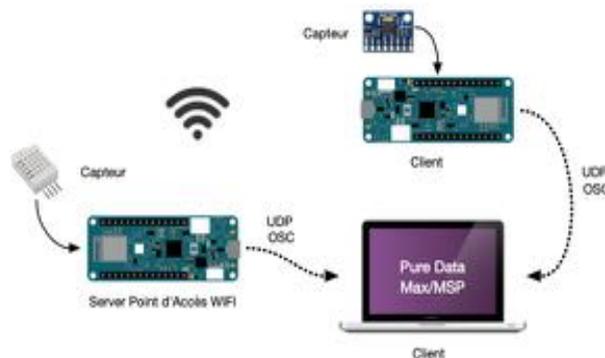


Figure 1. Schéma de principe du dispositif en réseau

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, selon le modèle que nous avons défini dans la co-écriture du projet.

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'utilisation de cette tasse, un module de capteurs de

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

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

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



Figure 2. La tasse équipée de son boîtier

En complément, 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 des 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 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 variations de température sont alors capturées et transmises sous forme de données et ainsi faire varier des paramètres de composition selon le déroulé de la pièce.

3.3. La Ceinture

L'espace scénique durant la performance est abordé comme un support d'enregistrement de l'instant. En cela nous avons souhaité le sonder à l'utilisation de cette objet, utilisé à la manière d'une tête de lecture. La ceinture est conçue de façon à être portée à la taille par l'un des performeurs, dans l'action 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 distances géographiques. (Figure 4)

Un second capteur est utilisé, le module MPU6050, qui intègre de même le dispositif de la ceinture, 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. (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 composent 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 des faces de l'aquarium, coté droit, en dessous et sur la face arrière où vient se rajouter le boîtier intégrant l'électronique. (Figure 6)



Figure 6. Vue de l'aquarium où réside 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)

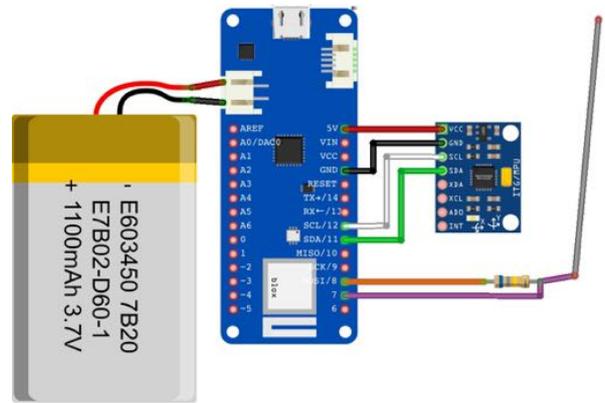


Figure 7. Schéma du dispositif de la tasse

En ce qui concerne la partie programme, les besoins étaient de créer 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 communiquer entre eux. Les bibliothèques Capacitive Sensor, Adafruit MPU6050, Adafruit Sensor, permettent de contrôler les capteurs. Et la bibliothèque OSCBundle permet de gérer la communication en OSC via UDP, de plusieurs messages différents avec les patches des 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, disponible sur la plateforme Github, également inspiré des travaux menés par Tom Igoe¹² et Adrian Freed¹³. Pour les objets considérés comme client, j'ai utilisé le croquis dédié provenant de la librairie Wifi-NINA. 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

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

¹² <https://github.com/tigoe>

¹³ <https://github.com/adrianfreed>

partagé avec les microcontrôleurs, ainsi que l'adresse IP. Nous allons voir ici comment configurer un patch 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)

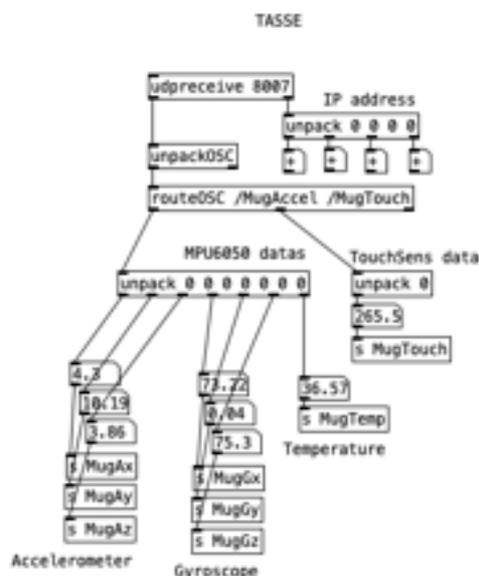


Figure 8. Réception des données OSC de la tasse dans un patch Pure Data et leur routage avec l'objet *send*

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 glitches retraités à l'aide de 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)

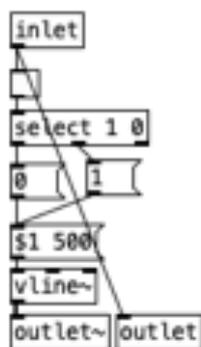


Figure 9. Détail de l'algorithme de détection de seuil, la sortie de gauche comprend les valeurs

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 matricage des signaux est conçue pour une diffusion sonore en quadraphonie, et utilise pour ce faire les outils HOA de la librairie *ceammc*¹⁶, tenus 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 entre actions définies et situations imprévisibles. Les animaux de part leur présence participent donc aux actions dans le déroulement de la performance, de sorte qu'ils intègrent à leur échelle le processus de création. En retour nous leur apportons de la nourriture et cela contribue à nous rappeler nos liens avec le vivant.

Ainsi, la composition s'articule autour de l'écriture d'un scénario axé sur les liens poétiques entre les objets, les gestes et le contexte, oscillant entre le réel et l'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 décrivant par des événements et des situations 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 au possible et se veut libre de se développer dans cette relation de coprésence avec le vivant et 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 l'émergence 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 jouant avec des décalages de sens. De cette coprésence, de l'action, du geste et des mouvements tangibles prenant pieds dans cette réalité concrète, 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 limites potentielles entre imagination et réalité. 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 dialogues à travers la présence ou l'absence des performeurs, des animaux et des objets en fonction des actions et des situations qui se créent dans le 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 mémoire personnelle ou collective. 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 regard sur les 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 d'ambiances d'espaces naturels, qui sont ensuite retravaillés. Nous nous sommes inspirés de l'eau, avec l'utilisation de différents bruits enregistrés, mais aussi en tant que référence, dans le choix des traitements, comme avec 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 aussi, 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 qui ont servi à la réalisation d'une performance intermédia, ainsi que l'approche compositionnelle. 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'œuvres 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 abordé les technologies utilisées et décrit le 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 les interactions avec le vivant 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 diffusion, avec le soutien de l'EUR-ArTec ainsi que l'aide de la MSH Paris Nord.

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

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