

# Rapport du Projet PSAR : Dispositif Autonome de Synthèse Sonore

Encadrant : Hugues Genevois  
Cahier de Charges

Pierre Mahé

2 mai 2015

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
1.1	Contexte Global . . . . .	3
1.2	Presentation de la demande . . . . .	3
1.3	La Carte Udoo . . . . .	4
1.4	Pure Data . . . . .	4
1.4.1	Presentation generale . . . . .	4
1.4.2	Externals . . . . .	5
1.5	Structure du projet . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Traitement audio</b>	<b>7</b>
2.1	Aquisition audio . . . . .	7
2.2	Traitement bas niveau . . . . .	7
2.2.1	Filtrage . . . . .	7
2.2.2	Décteur de notes . . . . .	7
2.2.3	Bandes de fréquences . . . . .	7
2.3	Extraction des méta-données . . . . .	7
2.3.1	Mélodie et rythme . . . . .	7
2.3.2	Pattern minimal . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Récupération de l'environnement</b>	<b>8</b>
3.1	Dispositif et capteurs . . . . .	8
3.2	Communication inter plate-forme . . . . .	8
3.3	External pour la communication . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Synthèse musical</b>	<b>10</b>
4.1	Modele physique au longterme . . . . .	10
4.2	Synthèse implémenté . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Interface Utilisateur</b>	<b>11</b>
5.1	Premiere idée d'implementation . . . . .	11
5.2	Envoie des données capteur . . . . .	11
5.3	Envoie d'objet Pure data . . . . .	11
<b>6</b>	<b>Tutoriel et Documentation</b>	<b>12</b>
6.1	Écriture documentation Pure data . . . . .	12
6.2	Écriture du Tutoriel d'installation . . . . .	12

<b>7</b>	<b>Pour aller plus loin</b>	<b>13</b>
7.1	Tests en environnement reel . . . . .	13
7.2	Tests énergétiques . . . . .	13
7.3	Serveur distant . . . . .	13
<b>8</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>14</b>

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte Global

**Maîtrise d'œuvre :** Hugues GENEVOIS

**Maîtrise d'ouvrage :** Pierre MAHÉ

Le projet DASS, Dispositif Autonome de Synthèse Sonore, est une collaboration de Michel RISSE, compositeur de "Décor Sonore" ayant à son actif de nombreuses créations et dispositifs sonores, et de Hugues GENEVOIS, chercheur au LAM de L'Institut Jean le Rond d'Alembert.

Le projet consiste à mettre en place un dispositif générant du son en prenant en compte son environnement dans le but de souligner les sons présents dans cet environnement. Le dispositif recueille les informations à l'aide de capteurs divers permettant de récupérer les bruits ambiants, la luminosité, la température.

Dans un premier temps devrait être la base pour une installation artistique, se déroulant en juillet prochain, dans le cadre d'un festival de musique à Noirlac. Dans un second temps Hugues GENEVOIS et Michel RISSE voudraient réaliser une installation plus importante avec de nombreux dispositifs avec pour chacun d'eux des comportements et des caractéristiques propres, pour voir l'interaction qu'ils pourraient avoir ensemble et les comportements qui en émergeraient.

## 1.2 Présentation de la demande

Dans le cadre de mon projet PSAR, mon but était de créer un premier prototype du projet pour s'en servir comme base par la suite.

J'avais donc pour mission de créer un dispositif portable interagissant avec son environnement. Ce dispositif doit capter l'environnement à l'aide de capteurs. Le but du projet est de créer un dispositif portable interagissant avec son environnement. Ce dispositif doit capter l'environnement à l'aide de capteurs : micro, luminosité, température, et humidité. Il devra traiter ces données pour en extraire des informations pertinentes sur les changements se produisant autour de lui (chants d'oiseaux, passage d'une personne au alentours...). Grâce à ces informations, il devra synthétiser du son.

La synthèse devra être paramétrable, pour permettre au compositeur de modifier l'influence des différents capteurs sur la synthèse sonore.

De plus une interface utilisateur devra être présente permettant au compositeur de simuler des données captées. Cela lui permettra de faire des expérimentations de sa composition.

Dans l'optique de la reproduction de ce dispositif pour des installations plus important. Une procédure devra permettre à un utilisateur de pouvoir reproduire l'ensemble du système, aussi bien niveau matériel que logiciel.

Le dispositif devant être portable, le programme doit fonctionner sur une nano-ordinateur de type `Udoo Quad`. De plus le langage du programme principal doit être le `PureData`, pour assurer une maintenabilité et une extensibilité plus facile.

### 1.3 La Carte Udoo

La carte Udoo est un nano ordinateur embarquant un processeur ARM et la connectique d'un ordinateur classique. Avec une entrée et sortie micro. La qualité étant suffisante pour notre projet.

La caractéristique de cette carte est d'être compatible arduino et d'offrir les mêmes connectique qu'une Arduino Mega ce qui permet de simplifier la réception des capteurs ainsi que le d'utiliser les bibliothèques déjà implémenter par la vaste communauté Arduino.

La carte utilise une carte micro sd pour stocker ses données, ce qui est également un avantage pour le projet car cela permet de dupliquer la partie software du dispositif avec une simple copie de carte mémoire.

Le système d'exploitation installé est une version simplifiée d'Ubuntu, permettant d'utiliser l'environnement linux.

### 1.4 Pure Data

#### 1.4.1 Présentation générale

Pure Data est un logiciel, open source, de programmation graphique pour la création musicale et multimedia en temps réel. Il permet également de gérer des signaux entrants dans l'ordinateur (signaux de capteurs ou événements réseau par exemple) et de gérer des signaux sortants (par des protocoles de réseau ou protocoles électroniques pour le pilotage de matériels divers).

Pure Data est un système module où il est possible de définir des sous-modules qu'il est possible de ré-utiliser à sa guise dans d'autre programme appelé `patch`. En Pure Data tous les objets (modules ou données) sont des **boîtes**. Ce langage est un langage très faiblement typé. Il existe quatre types de données de base :

- **Les Nombres**, qui peuvent représenter des nombres entiers comme à virgules
- **Les Messages**, qui sont des messages purement textuels

- **Les Symboles**, qui corresponde aux messages mixtes, caractère, chiffre...
- **Les Tableaux**, qui sont uniquement des tableaux de nombres.

Il existe d'autre type de donnée comme les listes qui même avec une représentation interne différente ou message ou symboles sont graphiquement identique a un message (avec comme premier mot `list`). De plus pour changer une liste en message, il suffit de supprimer ce mot clé.

Le Pure Data étant un logiciel orienter interaction, il est possible a tous moment de modifier son patch en ajoutant des boites au cours de l'exécution du programme, il n'est pas nessesaire de relancer le programme. Cela peut permet de modifier le patch en direct sans avoir l'interruption dans le flux audio sortant.

Pure Data a aussi l'avant d'être facilement documentable car il est possible d'associer à une boite quelconque, une boite d'aide avec une explication et des exemples.

Cela s'avère très utile pour la compréhension de certaines boites complexes et permet de bien dissocier code et documentation.

### 1.4.2 Externals

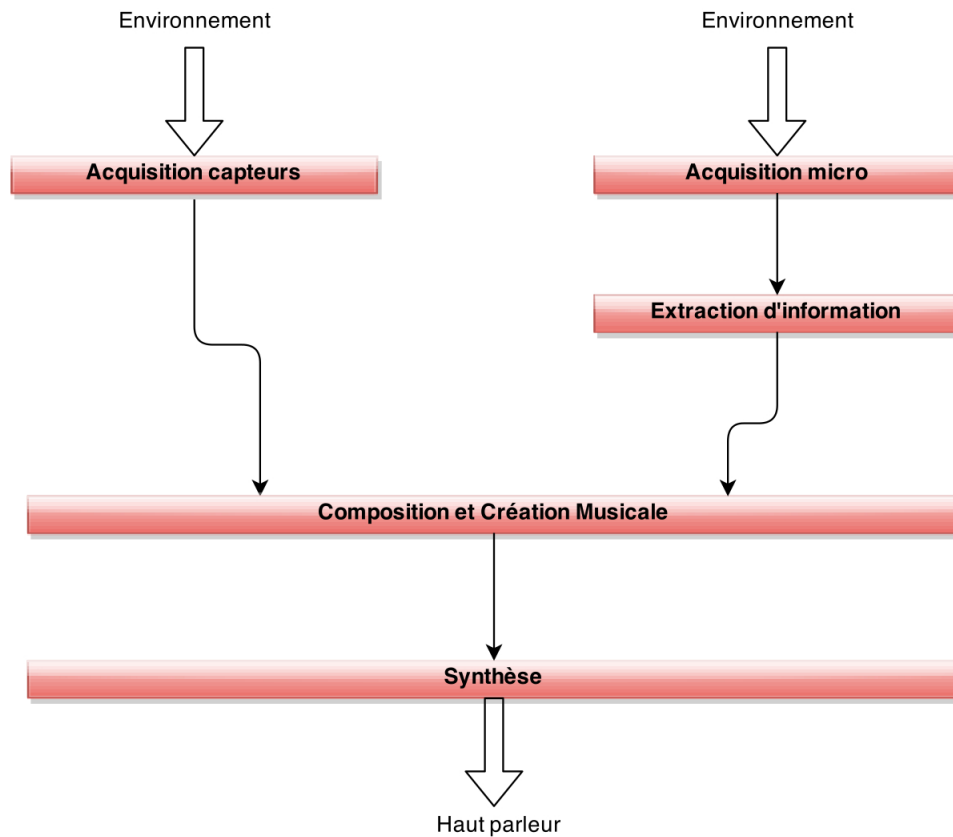
En Pure Data, le stockage de donnée est assez complexe c'est pour cela que pour procéder a des algorithmes complexes, il est possible d'avoir recours à des **Externals**. Les externals sont des boites programmées en `C++`.

Il existe plusieurs API, dans ce projet nous avons choisi d'utiliser **FlexT** pour sa simplicité d'utilisation. De plus cette API est développée par Thomas GRILL, un des principaux contributeurs de Pure Data ce qui garantit une plus grande parfaite compatibilité avec Pd et une certaine assurance que l'outil reste longtemps maintenu. La communauté des développeurs Pure Data étant limitée (une dizaine de personnes à travers le monde), cela a une importance car malheureusement beaucoup d'outils ne sont pas maintenus suffisamment ou sont souvent obsolètes.

## 1.5 Structure du projet

Nous avons décidé de diviser le programme en cinq modules pour la cote synthèse.

La partie acquisition des données des capteurs se fera par le biais de la communication entre la partie Arduino et Pure Data.



Nous avons écrit un programme arduino qui va envoyer périodiquement les valeurs des différents capteurs au programme Pd.

Information collectée par la partie arduino :

- Luminosité
- Temperature
- Humidité

Une seconde partie d'acquisition est la réception du signal sonore, que l'on doit traiter pour pouvoir en extraire des informations pertinentes.

Le son capté par le micro est pollué par des sons ambiants, typiquement le bruit d'une route proche ou d'une machine bruyante. Ces bruits sont généralement continus, graves (moins de 100 hertz) donc très énergétiques. Ils peuvent donc fausser les résultats du traitement en aval.

Les bruits naturels à cette fréquence sont très rares dans la nature. De plus musicalement ces bruits sont assez pauvres.

Pour toutes ces raisons il est préférable de les filtrer.

Pour les mêmes raisons, les sons à plus de 8000 Hertz sont très rares,

- Acquisition du signal audio
- Extraction des informations pertinentes du signal audio.
- Composition et musique, la partie qui correspond à la partie composition du projet et qui ne relève des choix du compositeur.
- **Synthèse et diffusion**, génération du son et transmission à la carte son.



## **2    Traitement audio**

### **2.1    Aquisition audio**

### **2.2    Traitement bas niveau**

#### **2.2.1    Filtrage**

#### **2.2.2    Détecteur de notes**

#### **2.2.3    Bandes de fréquences**

### **2.3    Extraction des méta-données**

#### **2.3.1    Mélodie et rythme**

#### **2.3.2    Pattern minimal**

## 3 Récupération de l'environnement

L'un des avantages de la carte Udoo est d'être compatible Arduino est de proposer les même connectique qu'une Arduino Mega. Cela permet d'utiliser le même langage, d'utiliser les bibliothèques déjà écrites ainsi que les mêmes capteurs. De plus la partie micro contrôleur étant connecté directement à la partie nano ordinateur via un bus special, la vite de communication est plus rapide et avec une plus courte latence par rapport à une connexion usb classique.

Dans les valeurs envoyés par un capteur deux choses sont interessante, la premiere la valeur et la variation de ceci (si elle augmente ou si elle diminue).

### 3.1 Dispositif et capteurs

Dans le cadre du projet, seul trois capteurs étaient prévu mais le programme devrait permettre un ajout de capteurs aisé.

Les capteurs utilisés sont des capteurs les plus basique : un capteur de luminosité, de temperature et d'humidité.

Pour capteur la luminosité, nous avons utilisé une photo-resistance, son fonctionnement est asses simple, plus la luminosité va etre forte plus la resitance interne de composant va etre faible. Il suffit de recupere la tension au borne de composant pour connaitre l'indice de luminosité.

Malheureusement cette indice ne permet pas de connaitre l'intancité lumineuse en Candela ou en Lux mais permet d'avoir une echelle d'avoir des valeur relavite. Ce qui est suffisant dans le cadre de ce projet.

Pour la Temperature et l'humidité le fonctionnement est tres similaire. Contrairement à la luminosité grace à une formule (dépendent de chaque capteur) il sera possible d'avoir la température ou l'hygrométrie précise.

### 3.2 Communication inter plate-forme

Pour la partie micro-contrôleur l'envoi de données est asses intrusive car il suffit d'écrire sur le port Série (Serial port), avec des primate d'écriture basique.

Pour la partie ordinateur avec le logiciel Pure Data, il faut utiliser une boîte pour se connecter à un périphérique puis on peut lire et écrire sur celui.

La connexion entre l'arduino et Pure data devant etre unique, il a fallu trouver un moyen de pouvoir differensier les données des différent capteur.

Pour communiquer entre les deux parties, j'ai donc défini un micro-protocole qui étiquette les données envoyés.

Tous les X secondes le programme arduino lit les valeurs des capteurs et envoie un message de la forme :

```
1 NOM_CAPTEURvl: VALEUR;    //vl pour la valeur
2 MON_CAPTEURvr: VALEUR;    //vr pour la variation
```

Pour ajouter un capteur, il suffit d'écrire sur le port série avec un nom de capteur pas encore utilisé et c'est dans la partie Pure data que nous traiterons la nouvelle étiquette.

Puis pour il nous est venu l'idée de permettre à Pure data de pouvoir changer le délai entre chaque envoi de valeur. Pour cela il a fallu permettre à l'arduino de pouvoir recevoir des données avec des messages ayant la même forme que l'envoi de donnée avec l'étiquette **delay**.

C'est à ce moment là que nous avons découvert un vice de Pure Data, étant un langage très faiblement typé. Les données reçues de l'arduino sont des octets que Pure Data caste en type Nombre et il n'existe pas d'objet permettant à partir de ce flux d'octets de récupérer des entiers (valeur des capteurs envoyé par la parité arduino).

Au premier abord nous avons voulu utiliser l'objet **PackOSC** qui permet à la base de convertir un message quelconque en commande OSC (**O**pen **S**ound **C**ontrol). Ce protocole étant un protocole avec un codage ascii nous pouvions l'utiliser pour encoder et decoder les communications avec l'arduino.

Mais cela aurait été une manipulation de l'objet de base de plus cela pourrait porter à confusion car nous ne gérons en rien le protocole.

Nous avons discuté avec Hugues GENEVOIS et nous avons utilisé de programmer nos propres externes.

### 3.3 External pour la communication

En s'inspirant du fonctionnement des objets **PackOSC** et **UnPackOSC**, nous avons programmé deux externes, un qui reçoit un message et qui le transforme en tableau d'octets (en code ascii plus particulièrement) en ajoutant le code ascii d'un point virgule à la fin.

Le second reçoit un flux d'octets et le stocke dans un tableau jusqu'à recevoir un point virgule, à ce moment là il envoie toute la chaîne reçue.

Le fait d'utiliser le caractère ';' n'est pas un problème car en PureData ce caractère est généralement le délimiteur de fin de chaîne, la fin de liste et de tableau ainsi qu'interne pour fin des messages tcp ainsi que la fin d'une lecture de fichier.

## 4 Synthèse musical

### 4.1 Modèle physique au longterme

### 4.2 Synthèse implémenté

## **5 Interface Utilisateur**

### **5.1 Premiere idée d'implementation**

### **5.2 Envoie des données capteur**

### **5.3 Envoie d'objet Pure data**

## **6    Tutoriel et Documentation**

### **6.1   Écriture documentation Pure data**

### **6.2   Écriture du Tutoriel d'installation**

## 7 Pour aller plus loin

### 7.1 Tests en environnement reel

### 7.2 Tests énergétiques

### 7.3 Serveur distant

## 8 Bibliographie

### Références

- [1] Andéa-Novel Brigitte, Fabre Benoit, and Jouvelot Pierre. *Acoustique-Informatique-Musique*. Presses des Mines, 2012.
- [2] Leipp Émile. *Acoustique et Musique*. Presses des Mines, 2010.
- [3] Thomas Grill. Pure data patch repository, 2008(accessed mars, 2015).
- [4] Hans. pd, 2006 (accessed avril, 2015).
- [5] Adam Hyde. Pure data, (accessed mars, 2015).
- [6] Laurent Millot. *Traitement du signal audiovisuel, Applications avec Pure Data*. Dunod, 2008.