

Traitement numérique du signal

Rapport sur le problème 2

Groupe G10C et

MANGIN Rémi  
LE MONNIER Romain  
TEOFILOVIC Kristina  
TON Sophie  
RISY Théo  
YANG Chen

December 12, 2023

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Méthode</b>	<b>4</b>
2.1	Acquisition et Pré-traitement du Signal . . . . .	4
2.2	Détection des Notes . . . . .	5
2.3	Calcul de la Puissance Moyenne . . . . .	5
2.4	Détermination de la Fréquence Fondamentale . . . . .	5
2.5	Analyse des Harmoniques . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Résultats Expérimentaux</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>7</b>

**Problème II:**

Proposer un algorithme qui permet de détecter, de caractériser une note de musique jouée par un instrument (violon, flûte, piano) et de déterminer sa hauteur.

Cet algorithme devra produire les sorties suivantes:

- $t_d, t_f$ : instants de début et de fin de note
- $P_{dBm}$ : la puissance moyenne du signal en dBm
- $f_0$ : la fréquence fondamentale et le nom et l'octave de la note jouée
- $f_h$ : la fréquence haute telle que  $[0, f_h]$  contient 99.99% de la puissance
- $n_h$ : le nombre d'harmoniques dans cette bande de fréquences
- Toutes autres caractéristiques qui vous paraît pertinente pour classer les notes par instrument de musique. On reprendra la méthode de détection d'un son utile du PBI et on justifiera les paramètres retenus.

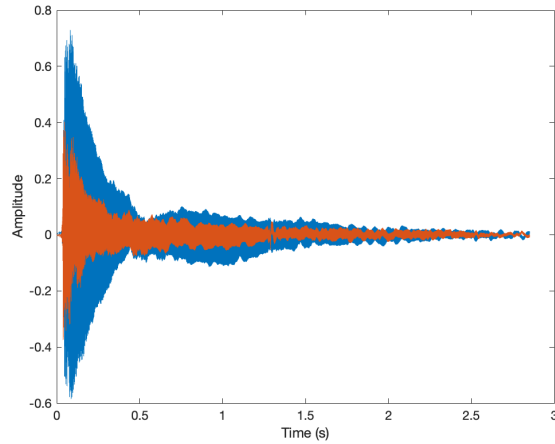
**Problème IV:**

On souhaite détecter les signaux environnementaux qui comprennent des composantes spectrales très aigues et pénibles pour l'oreille humaine. Ces signaux sont définis ainsi: 20% de leur puissance est comprise dans les fréquences supérieures à 2KHz, avec une puissance sonore totale supérieure à 110 dB SLP. Concevoir un système de détection de ces signaux pénibles fondé sur filtrage numérique. On prendra un micro de sensibilité égale à -67 dBV et de gain égal à 16 dB. Discuter les critères énoncés.

## 1 Introduction

Nous proposons une approche novatrice visant à élaborer un algorithme de détection et de caractérisation des notes de musique jouées par divers instruments tels que le violon, la flûte et le piano, tout en déterminant précisément leur hauteur. Notre algorithme est conçu pour générer des sorties exhaustives, incluant les instants de début et de fin de chaque note ( $t_d, t_f$ ), la puissance moyenne du signal en dBm ( $P_{dBm}$ ), la fréquence fondamentale ( $f_0$ ) accompagnée du nom et de l'octave de la note jouée, la fréquence haute  $f_h$  définie par  $[0, f_h]$  englobant 99.99% de la puissance, le nombre d'harmoniques dans cette bande de fréquences ( $n_h$ ), ainsi que toute autre caractéristique jugée pertinente pour classer les notes selon l'instrument de musique. Nous adopterons la méthode de détection d'un son utile du PBI (Produit de l'analyse du Bruit Instantané) pour élaborer notre algorithme, en nous appuyant sur une approche en trois étapes. Cette méthodologie implique la détection du signal sonore, la synchronisation du récepteur par la détection de l'en-tête, et enfin, le décodage des informations pertinentes pour caractériser chaque note.

## 2 Méthode



### 2.1 Acquisition et Pré-traitement du Signal

Dans cette première étape, nous chargeons une série de fichiers audio correspondant à différentes notes jouées par des instruments tels que le violon, la flûte et le piano. Ces fichiers audio sont ensuite convertis en signaux mono pour

simplifier l'analyse. Pour chaque signal, nous calculons la puissance du signal en utilisant une fenêtre glissante de taille fixe. La puissance ainsi obtenue est ensuite convertie en décibels (dBm). Ce processus est essentiel pour préparer le signal en vue de l'analyse ultérieure.

## **2.2 Détection des Notes**

La détection se fait en trouvant les points où la puissance du signal dépasse un seuil défini (1% de la puissance maximale). Les indices correspondants sont ensuite convertis en temps, fournissant ainsi les instants de début et de fin de chaque note. Les notes d'une durée inférieure à une seconde sont éliminées pour garantir la qualité des données.

## **2.3 Calcul de la Puissance Moyenne**

La synchronisation du récepteur est cruciale pour détecter les instants de début et de fin de chaque note. La détection se fait en trouvant les points où la puissance du signal dépasse un seuil défini (1% de la puissance maximale). Les indices correspondants sont ensuite convertis en temps, fournissant ainsi les instants de début et de fin de chaque note. Les notes d'une durée inférieure à une seconde sont éliminées pour garantir la qualité des données.

## **2.4 Détermination de la Fréquence Fondamentale**

Le décodage des caractéristiques de chaque note s'effectue en calculant la puissance moyenne, la fréquence fondamentale ( $f_0$ ), la fréquence de la plus haute harmonique ( $f_h$ ), et le nombre d'harmoniques dans la bande de fréquences. Ces informations sont extraites à partir du signal audio, utilisant diverses fonctions telles que le calcul de la moyenne de puissance, la fréquence fondamentale par auto-corrélation, et le comptage des harmoniques. Les résultats sont affichés pour chaque note, fournissant une caractérisation détaillée des éléments musicaux contenus chaque fichier audio ainsi que la note et l'octave associé à la fréquence.

L'ensemble de ces étapes contribue à élaborer un algorithme complet de détection et de caractérisation des notes de musique, avec une option facultative pour estimer la direction de la source sonore sur des signaux acquis par deux micros différents.

## **2.5 Analyse des Harmoniques**

### 3 Résultats Expérimentaux

ici est resultats

## 4 Conclusion

ici est conclusion