

TP

Caractérisation des pleurs de nouveau-nés prématurés

1. Contexte applicatif

Un bébé est dit prématuré s'il est né avant la 35^{ième} semaine de grossesse. La prématurité concerne approximativement 60000 naissances par an en France, soit 7% des naissances. Les nouveau-nés prématurés ont plusieurs fonctions immatures comme le système digestif, le système immunitaire, le cerveau, etc. et entament leur vie en couveuse. Ceci impose une grande surveillance de ces bébés pour suivre l'évolution de leur état de santé, mais aussi de leur maturation, afin de programmer au mieux la sortie de la couveuse et plus tard la sortie de l'hôpital. Cette surveillance repose sur l'acquisition de plusieurs signaux nécessitant un nombre plus ou moins élevé de capteurs.

Afin de limiter l'effet invasif de ce monitoring, des travaux ont portés sur l'analyse de signaux acquis sans contact comme la vidéo ou l'audio.

Dans ce TP, nous allons nous concentrer sur l'analyse de bandes son contenant des pleurs de nouveau-nés prématurés. Le but de ce TP est d'extraire des paramètres permettant de décrire ces pleurs. Nous commencerons par appliquer la méthode sur un cas, puis nous comparerons différentes populations afin d'observer l'intérêt clinique d'une telle approche.

2. Présentation de la méthode

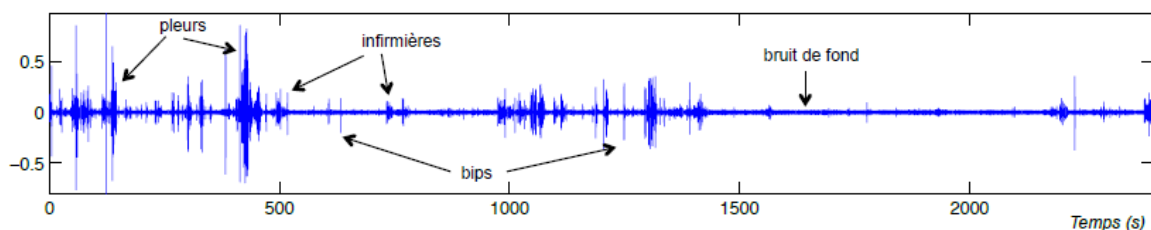


Figure 1 Exemple de bande son obtenu dans une chambre de Néonatalogie à l'hôpital Rennes Sud

La Figure 1 présente un exemple de son enregistré dans la chambre d'un nouveau-né prématuré. Ce signal est bruité notamment par les voix des infirmières, le son des appareils, le bruit de fond, etc. Afin de caractériser uniquement les pleurs, il est d'abord nécessaire de les extraire du reste du signal (Segmentation), puis de calculer les paramètres décrivant ces pleurs (Caractérisation).

a. Segmentation

Cette méthode s'appuie sur 2 étapes :

1. Détection des périodes de signal à forte énergie
2. Classification des périodes à partir du spectre du signal (calculé par fft)

b. Caractérisation

Une fois les pleurs extraits, il est possible de les caractériser en calculant différents paramètres décrivant les intervalles de pleurs comme la fréquence fondamentale, la durée, l'amplitude...

3. Implémentation de la méthode de segmentation (2H)

a. Chargement du fichier 'crying_beeps.wav'

- Utiliser la fonction *audioread*.
- Afficher le signal.

b. Segmentation par l'énergie glissante

L'opération que nous appliquons sur le signal audio x ici, s'écrit :

$$E(n, w) = \frac{1}{N} \sum_{m=-\infty}^{\infty} (x[n] * w[n - m])^2$$

où w est la fenêtre sur laquelle nous calculons la valeur de l'énergie, ici nous utilisons une fenêtre de type 'Porte' de taille N . Ainsi l'énergie de chaque échantillon est obtenue en moyennant l'énergie des $N/2$ échantillons le précédent et les $N/2$ échantillons le suivant

- Compléter la fonction *segmentation_energie_glissante* pour :
 - Calculer l'énergie du signal sur chaque fenêtre et stocker le résultat dans le vecteur « signal_energie ».
 - Seuiller le signal d'énergie lissé de façon à garder les périodes sur lesquelles l'énergie est supérieure au seuil s .
 - Créer un signal logique « vecteur_logique » de la même taille que « signal_sortie » pour lequel on a '1' pour les échantillons à garder, '0' sinon.
 - En utilisant la fonction *supprInter*, modifier le vecteur logique pour ne garder que les segments qui durent plus de 100ms.
 - Créer un signal « signal_sortie » composé du son grâce à votre vecteur_logique.
- Utiliser la fonction *segmentation_energie_glissante* avec une fenêtre de taille $N = 30$ et une valeur de seuillage $s = 0.0021$.
- Afficher le résultat
- Enregistrer le résultat avec *audiowrite*
- Ecouter et analyser le résultat

c. Classification des périodes détectées à l'aide de la FFT

Nous avons extrait les périodes de forte énergie et ainsi éliminé le bruit de fond. Nous souhaitons maintenant garder uniquement celles associées à des pleurs. Pour cela, nous allons nous intéresser à la représentation des segments dans le domaine fréquentiel. En effet, la représentation fréquentielle d'un pleur n'a pas les mêmes caractéristiques que celle d'un événement indésirable.

La méthode proposée ici pour différencier ces deux formes de spectre se base sur l'hypothèse que le son indésirable que nous entendons (Figure 2) est composé de moins de fréquences (plus parcimonieux) qu'un pleur (Figure 3).

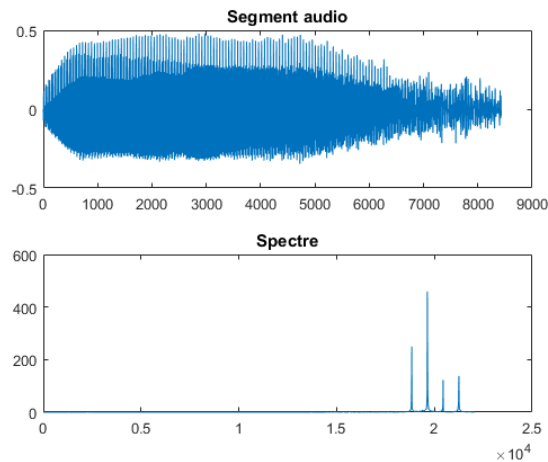


Figure 3 Exemple de spectre d'un son indésirable

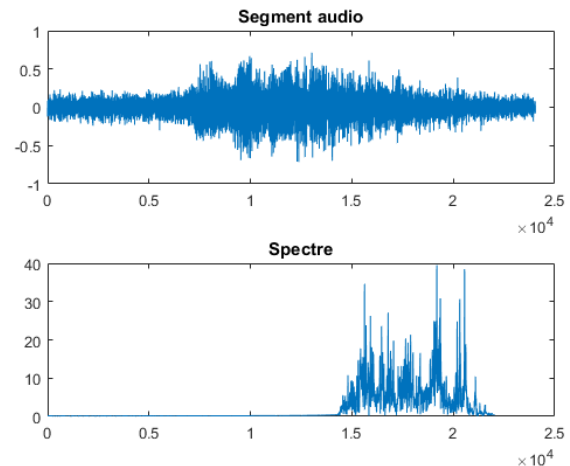


Figure 2 Exemple de spectre d'un pleur

Pour différencier les deux formes de spectre observées, nous allons utiliser le nombre de fois que le signal franchit la valeur moyenne.

- Compléter la fonction `segmentation_fft` pour :
 - Compter le nombre de fois où les valeurs du spectre franchissent la valeur moyenne pour chaque segment
- Utiliser la fonction `segmentation_fft`
- Observer les résultats
- Compléter la fonction `segmentation_fft` pour :
 - Définir la valeur qui permet de différencier les deux classes (seuil empirique).
- Utiliser la fonction `segmentation_fft`
- Enregistrer le résultat avec `audiowrite`
- Ecouter et analyser le résultat

4. Caractérisation des pleurs et comparaison de groupes (1H)

a. Extraction de la durée moyenne des pleurs

Une fois les périodes de pleurs détectées, différents paramètres peuvent être calculés (durées des pleurs, fréquence fondamentale...). Ici, nous allons uniquement nous concentrer sur la durée moyenne des pleurs.

- Calculer la durée moyenne des pleurs pour cet extrait.

b. Comparaison de groupes

Dans cette partie, nous allons observer les valeurs obtenues pour deux populations différentes : des bébés sans pertes auditives et des bébés présentant une perte auditive.

- Préparer un nouveau script
- Charger les données avec `load('donnees_bebe.mat')`

Les données sont présentées sous forme de deux colonnes :

- La première colonne indique le type de sujet : 1 pour sain, 2 pour ceux souffrant d'une perte d'audition
 - La deuxième contient les durées moyennes des pleurs calculées
-
- Présenter les valeurs sous forme de boxplot (utiliser `boxplot`)
 - Commenter ce résultat