



OBL-4101 Traitement du Signal

Projet sur le vocodeur de phase

Responsable : A. Assoumane

Version anglaise : V. BELMEGA

emails : amadou.assoumane@esiee.fr et veronica.belmega@esiee.fr

Contexte

- ✓ Un codeur de voix également appelé vocodeur est un système utilisé pour "coder" la voix artificiellement. Le vocodeur de phase modifie principalement la phase des signaux, et "coder" signifie ici "modification" et non codage de données ou codage informatique.
- ✓ Rappelons que la voix a des fréquences entre 60Hz et 1500Hz
- ✓ Le vocodeur est apparu pendant la seconde guerre mondiale, puis plus tard dans la radio, le cinéma, la musique électronique...

Présentation du projet

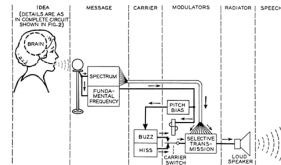
Contexte

Définition extraite de wikipedia

- ▶ Un vocodeur est une contraction de *voix* et *encodeur* : il représente une catégorie de codec vocal qui analyse et synthétise le signal de la voix humaine
- ▶ Le vocodeur a été inventé en 1938 par Homer Dudley aux Bell Labs
- ▶ En cryptant les signaux de contrôle, la transmission vocale pouvait être sécurisée contre l'interception. Son utilisation principale était pour les communications radio sécurisées.
- ▶ Plus tard, le vocodeur a été utilisé dans les instruments de musique électronique. Dans les années 80, les premiers synthétiseurs numériques étaient des expériences académiques en synthèse sonore utilisant des ordinateurs numériques.



Synclavier PSMT (1984)



Homer Dudley (Octobre 1940). "The Carrier Nature of Speech". Bell System Technical

Vocodeur de phase

- ✓ 3 effets principaux seront étudiés :
 - ▶ modifier la vitesse de la voix sans changer sa hauteur tonale (pitch). *(le son de la voix est le même mais les mots seront prononcés plus lentement ou plus rapidement)*
 - ▶ modifier la hauteur tonale (pitch) de la voix sans changer la vitesse. *(la hauteur tonale est liée à la fréquence fondamentale de la voix et permet de distinguer une voix aiguë ou grave).*
 - ▶ appliquer un effet pour transformer la voix comme si elle venait d'un robot (« robotisation »)
- ✓ Utilisez les fichiers audio donnés ou **créez vos propres fichiers pour personnaliser** votre travail

Et rappelez-vous que : $y(t) = x(\alpha t) \xrightarrow{\text{TF}} Y(f) = \frac{1}{|\alpha|} X\left(\frac{f}{\alpha}\right)$; ce qui explique la compression/dilatation dans les domaines temporel et fréquentiel

Travail à réaliser

- ✓ Les programmes Matlab sont fournis. Comme d'habitude, les parties principales sont détaillées. Vous devez les comprendre et parfois compléter le code ou le modifier.
- ✓ Vous devrez créer 2 fonctions principales :
 - ▶ Le vocodeur de phase -> interpolation fréquentielle
 - ▶ La robotisation de la voix
- ✓ Structure minimale du programme principal `Vocoder.m` :
 - ▶ Modification de la vitesse -> nécessite la fonction `PVoc.m`
 - ▶ Modification de la hauteur tonale -> nécessite la fonction `PVoc.m` + ré-échantillonnage
 - ▶ Robotisation de la voix -> nécessite la fonction `Rob.m`

Travail à réaliser

- ✓ Suggestions pour aller plus loin : proposez de nouvelles idées, de nouvelles options, de nouveaux traitements du signal pour améliorer le vocodeur
- ✓ Exemples (non restrictifs) : Les effets audio peuvent être classés selon le fonctionnement du traitement appliqué :
 - ▶ Filtrage de base : Filtres passe-bas, passe-haut, égaliseurs
 - ▶ Filtres variables dans le temps : Wah-wah, Phaser
 - ▶ Délais : Vibrato, Flanger, Chorus, Écho
 - ▶ Modulateurs : Modulation en anneau, Trémolo, Vibrato
 - ▶ Traitement non-linéaire : Compression, Limiteurs, Distorsion,
 - ▶ Excitateurs/Améliorateurs
 - ▶ Effets spatiaux : Panoramique, Réverbération, Son surround



Travail à réaliser

- ✓ Exemples d'effets audio de base

Les **filtres** par définition **suppriment/atténuent** l'audio du spectre au-dessus ou en dessous d'une certaine fréquence de coupure.

- ▶ Pour de nombreuses applications audio, c'est un peu trop restrictif

Les **égaliseurs**, en revanche, **améliorent/diminuent** certaines bandes de fréquences tout en laissant les autres **inchangées** :

- ▶ Construits en utilisant une série de filtres *shelving* et *peak*
- ▶ Des filtres du premier ou du second ordre sont généralement utilisés.

Travail à réaliser

- ✓ Exemples d'autres effets audio : effets variables dans le temps

Certains effets courants sont réalisés simplement en faisant varier un filtre dans le temps de différentes manières :

Wah-wah — Un filtre passe-bande avec une fréquence centrale (résonante) variable dans le temps et une petite largeur de bande. Le signal filtré est mélangé avec le signal direct.

Phasing — Un filtre coupe-bande, qui peut être réalisé comme un ensemble de filtres RII en cascade, à nouveau mélangé avec le signal direct.

Travail à réaliser

- ✓ Exemples d'autres effets audio : réverbération

La **réverbération** (**reverb** en abrégé) est probablement l'un des effets les plus utilisés en musique.

La **réverbération** est le résultat des nombreuses réflexions d'un son qui se produisent dans une pièce.

- ▶ De toute source sonore, disons un haut-parleur de votre chaîne stéréo, il y a un chemin direct que le son parcourt pour atteindre nos oreilles.
- ▶ Les ondes sonores peuvent également emprunter un chemin légèrement plus long en se réfléchissant sur un mur ou le plafond, avant d'arriver à vos oreilles.

Écho — implique une version distincte et retardée d'un son,

- ▶ *Par exemple* comme vous l'entendriez avec un délai de plus d'un ou deux dixièmes de seconde.

Reverb — chaque onde sonore retardée arrive dans une période si courte que nous ne percevons pas chaque réflexion comme une copie du son original.

- ▶ Même si nous ne pouvons pas discerner chaque réflexion, nous entendons toujours l'effet que l'ensemble des réflexions produit.

Travail à réaliser

- ✓ Exemple d'effet de robotisation : la modulation en anneau

La **modulation en anneau** (RM) est le cas où le signal audio *modulateur*, $x(n)$ est multiplié par une onde sinusoïdale, $m(n)$, avec une fréquence *porteuse*, f_c .

- ▶ Ceci est très simple à implémenter numériquement :

$$y(n) = x(n).m(n)$$

- ▶ Bien que le résultat audible soit facile à comprendre pour des signaux simples, les choses deviennent plus compliquées pour les signaux ayant de nombreux partiels
- ▶ Si le modulateur est également une onde sinusoïdale de fréquence f_x alors on entend les fréquences de somme et de différence : $f_c + f_x$ et $f_c - f_x$, par exemple.
- ▶ Lorsque l'entrée est *périodique* avec une fréquence fondamentale f_0 , alors un spectre avec des raies d'amplitude aux fréquences $|k.f_0 \pm f_c|$
- ▶ Utilisé pour créer des effets de **voix robotique** dans les vieux films de science-fiction et peut créer des effets étranges presque non musicaux s'il n'est pas utilisé avec précaution.

Travail à réaliser

- ✓ Recherchez également des références bibliographiques sur le sujet
- ✓ Consultez la communauté Matlab
- ✓ Et amusez-vous !

Notion additionnelle (nécessaire pour le projet)

- ✓ La transformée de Fourier à court terme (STFT) – lien avec le TP1 et les spectrogrammes
- ✓ Vous devrez diviser le signal vocal en trames de 30ms (estimation habituelle approximative en traitement de la parole) où vous considèrerez le signal stationnaire
- ✓ La transformée de Fourier à court terme (STFT) est un outil général puissant pour le traitement du signal audio. Elle définit une classe particulièrement utile de distributions temps-fréquence qui spécifient l'amplitude complexe en fonction du temps et de la fréquence pour tout signal.
- ✓ Voir les détails théoriques ici :
https://www.dsprelated.com/freebooks/sasp/Short_Time_Fourier_Transform.html

+ une belle vidéo expliquant le concept :
<https://www.youtube.com/watch?v=8nZrgJjl3wc>