

Signaux et Systèmes Linéaires
TP : Echantillonnage des signaux déterministes
Préparation

3 ETI – CPE Lyon

2021-2022

Noms, Prénoms :

Groupe :

Date :

Objectifs du TP

- Effet de l'échantillonnage des signaux sur l'analyse spectrale
- Analyse spectrale de signaux réels échantillonnés

Consignes :

- Le répertoire de travail sera exclusivement sur le compte d'un des membres du binôme (changer le répertoire courant de Matlab®). Mais pour certains traitements, on fera appel à des fonctions pré-programmées. Les fonctions utiles sont accessibles sur CPe-campus dans le cours **Signaux et Systèmes Linéaires**, rubrique **Travaux Pratiques**. Récupérer les fichiers **.m**.
- Utiliser la trame de **compte-rendu** (.doc) fournie en répondant directement aux questions dans les espaces ménagés à cet effet. Insérer dans ce même fichier les courbes obtenues et codes développés. **Veiller à associer systématiquement une légende explicite à chaque Figure ou Tableau.**
- Exporter le fichier final **au format .pdf**, unique fichier à déposer sur le dépôt Moodle de CPe-campus.
- **Préparation obligatoire** (une seule par binôme) à rédiger directement sur le **compte-rendu** et à fournir en début de séance

1. Soit un signal à temps continu $x(t)$ dont le spectre est noté $X(\nu)$. On souhaite l'échantillonner à la cadence $T_e = \frac{1}{F_e}$.
- Donner toutes les expressions connues de la version échantillonnée $x_e(t)$ du signal $x(t)$.

Réponse:

- Donner toutes les expressions connues du spectre $X_e(\nu)$ du signal $x_e(t)$ en fonction de $X(\nu)$. Interpréter (expliquer) l'effet de ces opérations sur $X_e(\nu)$.

Réponse:

- Enoncer le théorème d'échantillonnage en définissant chacune des grandeurs en jeu.

Réponse:

2. Quelle est l'influence de la durée D sur la forme du spectre d'un signal sinusoïdal de durée finie D (décrire les principales propriétés du spectre) ?

Réponse:

Signaux et Systèmes Linéaires

TP : Echantillonnage des signaux déterministes

Manipulation

3 ETI – CPE Lyon

2020-2021

Noms, Prénoms :

Groupe :

Date :

1 Analyse spectrale d'un signal sinusoïdal échantillonné en temps

1.1 Synthèse d'un signal sinusoïdal échantillonné en temps

On souhaite générer **numériquement** le signal suivant :

$$s(t) = A \sin(2\pi\nu_0 t + \varphi_0) \cap_D \left(t - \frac{D}{2}\right), \quad 0 \leq t < D.$$

Pour pouvoir le faire avec un langage de programmation numérique tel que Matlab[®], il faut obligatoirement échantillonner $s(t)$ à la fréquence F_e .

1. Générer le vecteur $T = \{t_k, k = 1, \dots, M\}$ des instants t_k correspondant à l'échantillonnage du temps $0 \leq t < D$ à la fréquence F_e .
2. Programmer sous Matlab, une **fonction** qui génère le signal $s(t)$ évalué aux instants t_k .
Il ne s'agit pas ici de **fonction anonyme** (@ sous Matlab[®]) mais d'un fichier indépendant `NomDeLaFonction.m` commençant par le préfixe : `function [argout] = NomDeLaFonction(argin)`.

La **fonction** aura pour paramètres d'entrée (**argin**) :

- l'amplitude A
- la fréquence d'oscillation ν_0
- la phase à l'origine φ_0 , exprimée en degrés
- la durée D
- la fréquence d'échantillonnage $F_e = \frac{1}{T_e}$

et pour paramètres de sortie (**argout**) :

- T , le vecteur des indices temporels $\{t_k = kT_e\}$
 - s , le vecteur des échantillons $\{s[k] = s(t_k), k = 1, \dots, M\}$
3. En choisissant une valeur de fréquence ν_0 qui vous sera propre, tester la fonction depuis la fenêtre de commande de Matlab, avec les paramètres suivants :
 - $A = 10$
 - $\varphi_0 = 45^\circ$
 - une durée D correspondant à environ 25 périodes du signal sinusoïdal

- une fréquence F_e permettant de respecter largement le théorème d'échantillonnage de Shannon et qui ne soit pas un multiple entier de la fréquence ν_0 .

Tracer sur la même figure, dans deux **subplot** superposés :

- Le résultat $s[k]$ en fonction des indices $k = 1, \dots, M$. On utilisera la fonction **stem**.
- En dessous, le résultat $s[k]$ en fonction des vrais instants temporels $\{t_k, k = 1, \dots, M\}$. On utilisera ici, la commande **plot**.

4. Compte-rendu :

- Expliquer pourquoi il n'y a pas eu besoin de programmer explicitement la fonction **porte** $\Pi_D(t - D/2)$ figurant dans l'expression de $s(t)$.

Réponse:

- Que peut-on dire du signal affiché entre deux échantillons consécutifs ?

Réponse:

- Justifier les valeurs des paramètres choisis (notamment de F_e).

Réponse:

- Vérifier que les paramètres A , φ_0 et la durée D demandés sont bien respectés ainsi que la période du signal (cela signifie les **mesurer** sur les Figures).

Réponse:

1.2 Influence de la fréquence d'échantillonnage sur l'analyse spectrale

En utilisant la fonction développée à la question précédente, générer un signal sinusoïdal de fréquence $\nu_0 = 800$ Hz, d'amplitude unité et de durée 1 s.

Représenter ce signal, ainsi que le module de sa transformée de Fourier (on utilisera pour cela la fonction **TransFourier.m** fournie sur *CPe-campus*) pour les fréquences d'échantillonnage suivantes :

- $F_e = 10$ KHz
- $F_e = 3000$ Hz
- $F_e = 1200$ Hz
- $F_e = 600$ Hz

Commenter et expliquer les résultats ainsi obtenus. Justifier la valeur des fréquences de chacune des raies obtenues. On pourra s'aider de schémas explicatifs.

Réponse:

2 Analyse spectrale de signaux réels

On souhaite réaliser l'analyse spectrale de signaux réels échantillonnés :

- un cri sonar de chauve-souris
- le bruit d'un avion au décollage
- un signal de vibration moteur
- une succession d'échos SONAR
- un signal de parole
- un signal électro-physiologique.

Expérimentation : Sur *CPe-campus*, dans le module Signaux et Systèmes Linéaires, télécharger le fichier TPSSL-echant. Dans la fenêtre de commande Matlab, exécuter le script `anree1`. Pour chaque signal, différentes fréquences d'échantillonnage F_e sont proposées. Après le choix d'une valeur, le programme affiche le spectre du signal entre 0 et $F_e/2$. Pour un signal de votre choix, déterminez la fréquence d'échantillonnage minimale n'entraînant pas de repli spectral trop important. **Vous procéderez méthodiquement et expliquerez point par point la démarche suivie en l'illustrant par les spectres obtenus.**

Réponse:

Réponse: