

Traitement d'un signal. Étude spectrale

June 7, 2025

Référence

Expérience : Modulation en amplitude (influence du facteur m) Démodulation par détection synchrone (mesure des fréquences après un passe-bas pour récupérer le signal utile)

Livre :

- Traitement des signaux et acquisition de données Francis Cottet, DUNOD
- Physique tout-en-un PCSI, DUNOD, 2016
- Physique tout-en-un PSI-PSI*, DUNOD, 2020

Prérequis :

- Électrocinétique
- Séries de Fourier

Introduction

1 Acquisition du signal

1.1 Chaîne d'acquisition

Mettre figure de la chaîne d'acquisition

Signal reçu : $s(t) = \sum_{i=0}^{\infty} S_i \cos(\omega_i t + \phi_i)$

1.2 Modulation en amplitude

Multiplication du signal d'une porteuse et du signal utile -> permet d'envoyer l'information sur des grandes distances (mettre ordre de grandeur)

Signal utile : $S_u(t) = A + B \cos(\omega_1 t)$ où A est l'offset du signal et B l'amplitude du signal

Signal porteuse : $S_p(t) = \cos(\omega_0 t)$

Signal modulé en amplitude : $S_m(t) = S_p(t) * S_u(t)$

$S_m(t) = A \cos(\omega_0 t) + \frac{B}{2} \cos((\omega_0 + \omega_1)t) + \frac{B}{2} \cos((\omega_0 - \omega_1)t)$

Comment récupérer le signal utile ?

1.3 Échantillonnage

Définition : Prélèvement des valeurs d'un signal à intervalles définis (à une certaine fréquence).

Figures pour comprendre qualitativement le critère de Nyquist-Shannon (voir script)

Critère de Nyquist-Shannon : $f_e \geq 2f_s$

Limites du domaine temporel pour comprendre ce qu'il y a dans mon signal.

2 Analyse spectrale

2.1 Transformée de Fourier

Application de la transformée de Fourier au signal modulé (FFT de l'oscilloscope)

Illustration du spectre du signal modulé où on retrouve les fréquences attendus avec les bons rapports d'amplitude.

2.2 Démodulation du signal

Expérience de démodulation synchrone pour obtenir le signal suivant :

$$S_d(t) = A(1 + \frac{B}{A} \cos(\omega_1 t)) \cos(\omega_0 t) * A' \cos(\omega_0 t + \phi)$$

$$S_d(t) = \frac{AA'}{2} (\cos(\phi) + \frac{B}{A} \cos(\phi) \cos(\omega_1 t) + \cos(2\omega_0 + \phi) + \frac{B}{2A} \cos((2\omega_0 + \omega_1)t + \phi) + \frac{B}{2A} \cos((2\omega_0 - \omega_1)t + \phi))$$

Le signal possède une composante continue et 4 fréquences dont celle du signal modulant.

Pour l'isoler, on réalise un filtre passe-bas de fréquence de coupure f_c comprise entre f_1 et $2f_0 - f_1$.

2.3 Limite de l'analyse spectrale

Repliement de spectre

Expérience quantitative

Objectif de l'expérience

Montrer la modulation et la démodulation en amplitude

Matériels

- Multiplieur x2 + alimentation symétrique +15V/-15V
- GBF x2
- Oscilloscope
- Résistance + capacité pour faire un filtre passe-bas

Protocole

Réaliser un signal modulé (300kHz porteuse et 300 Hz modulante). Exploiter la transformée de Fourier du signal modulé. Montrer le spectre après détection synchrone Montrer le signal de modulante après filtre.

Précautions expérimentales