Extraits du programme :

Partie 2 - Formation expérimentale

Modulation et démodulation.	Élaborer un signal modulé en amplitude à l'aide d'un circuit multiplieur. Réaliser une démodulation synchrone.

Partie 3 - Formation disciplinaire

ÉLECTRONIQUE

1.4. Électronique numérique	
Analyse spectrale numérique.	Capacité numérique : calculer, à l'aide d'un langage de programmation, la transformée de Fourier discrète d'un signal numérique.
1.5 Modulation-Démodulation	
	Réaliser une modulation d'amplitude et une démodulation synchrone avec un multiplieur analogique.

Outils numériques	**Capacités exigibles**
Transformée de Fourier discrète.	Calculer la transformée de Fourier discrète d'un signal à valeurs réelles en utilisant la fonction **rfft** de la bibliothèque **numpy.fft** (sa spécification étant donnée).

MODULATION D'AMPLITUDE ET DEMODULATION SYNCHRONE

1. Préparation

Un signal modulé en amplitude s(t) est le produit d'un signal basse fréquence f_m (signal modulant) :

$$u(t) = E_o + E_m.\cos(\omega_m t)$$ de valeur moyenne non nulle

et d'un signal haute fréquence (la porteuse)

$$p(t) = E_p.\cos(\omega_p t).$$

Q1. Donner l'expression de s(t) et la mettre sous la forme $s(t)=S_0.\cos(\omega_p t)\ (1+m.\cos(\omega_m t))$. Identifier S et m (taux de modulation).

Q2. Tracer (à la main ou à la calculatrice ou à l'ordinateur) l'allure du signal modulé en amplitude pour les taux de modulation $m_1 = 0,5$ puis $m_2 = 1$ (on prendra la fréquence de la porteuse fp 10 fois plus grande que la fréquence fm du signal sinusoïdal à transmettre).

Q3. Linéariser l'expression de s(t) puis tracer pour chaque cas le spectre du signal.

2. Matériel

Vous disposez : d'une centrale d'acquisition Sysam, de deux multiplieurs, d'une boite à décade de capacités et d'une boite à décade de résistances.

3. Modulation d'amplitude

Générer à l'aide de Latis Pro et de la carte SYSAM une porteuse sinusoïdale d'amplitude $E_p = 8V$, de fréquence de l'ordre de $f_p = 4$ kHz.

Générer un signal basse fréquence (signal modulant, modulante) sinusoidal d'amplitude $E_m = 2$ V, fréquence de l'ordre de $f_m = 200$ Hz .

Ajouter à ce signal une composante continue (offset) de valeur E_o permettant de réaliser un indice de modulation m = 0,5 (un calcul est nécessaire).

Les deux signaux sont mutipliés grâce au multiplieur AD 655. Il faut comprendre à partir du schéma comment faire les connexions pour réaliser l'opération souhaitée. Le multiplieur introduit un coefficient k = 0,1 V^{-1}.
Remarque : les fréquences ne sont pas réalistes mais dictées par la durée d'échantillonnage de la carte.

Observer le signal modulé, réaliser son acquisition (noter les paramètres d'acquisition) et commenter.
Former son spectre. Le recopier.
Valider les mesures.
Remplacer le signal modulant sinusoidal par un signal carré et interpréter le spectre obtenu.

4. Démodulation d'amplitude par détection synchrone

Il s'agit de récupérer le signal modulant, de basse fréquence.
Pour cela on multiplie le signal modulé s(t) par la porteuse p(t) et on filtre le signal obtenu.
Cette méthode exige de disposer d'un signal de même fréquence que la porteuse, càd **synchrone** de la porteuse, c'est pourquoi cette méthode est appelée **détection synchrone.**

4.1. Principe

Le signal modulé multiplié par la porteuse s'écrit après linéarisation :

$$s(t) = \frac{k^2 S_0 E_p}{2}.\left[1+m.\cos(2\pi f_m t) + \frac{m}{2}\cos(2\pi(2f_p - f_m)t)+\cos(2\pi 2f_p t) + \frac{m}{2}\cos(2\pi(2f_p+f_m)t)\right]$$

Quelles sont les fréquences et les amplitudes (pour $m_1 = 0,5$) des composantes spectrales de ce signal ?

4.2. Réalisation

En conservant les mêmes porteuse et modulation que précédemment, réaliser la seconde multiplication, puis faire une acquisition du signal pour $m_1 = 0,5$ et former son spectre.

Afin d'isoler le signal modulant, on filtre le signal s(t) par un RC passe-bas.
Le produit RC doit vérifier deux inégalités, lesquelles ?
Proposer une valeur de RC, puis des valeurs pertinentes pour R et C et réaliser le montage.
Comparer le signal filtré au signal modulant initial, dans le cas d'un signal sinusoidal, puis carré. Conclusions ? Comment peut-on améliorer le signal démodulé ?

5. Représentation numérique

En vous inspirant des scripts python utilisés dans les TP précédents, représenter graphiquement en fonction du temps :

- le signal modulant sinusoïdal,
- la porteuse,
- le signal modulé en amplitude,
- le signal modulé multiplié par la porteuse,
- le signal modulé multiplié par la porteuse après filtrage.

Tracer les spectres de tous ces signaux.