

LP : Traitements linéaires et non linéaires du signal électrique

Mai 2021

Niveau : CPGE

Prérequis :

-

Bibliographie

- Traitements des signaux et acquisition de données, Francis Cottet, Dunod
- Tout-en-un, PSI/PSI*, Dunod
- https://enspsp.gitlab.io/pensps-static/formations/masterfesup/bases/coursenligne/CompilationL3_01.p

Introduction

On peut donner une définition de ce qu'est un signal : *représentation physique de l'information qu'il transporte de sa source à son destinataire*. On ne s'intéresse qu'à des signaux électriques. On prend ici l'exemple d'un signal radio, émis dans les fréquences sonores, puis transmis et reçu par une radio personnelle et écoutée par l'utilisateur.

1 Mise en forme du signal à transmettre

On transporte le signal sonore sous forme d'onde électromagnétique car c'est rapide et peu coûteux.

1.1 Modulation d'amplitude

L'idée est d'avoir une onde électromagnétique haute fréquence émise en continue même en l'absence de voix à transmettre. On appelle cette onde la **Porteuse**, elle s'exprime comme : $s_p(t) = A_p \cos(2\pi f_p t + \varphi_p)$. L'amplitude de cette onde est modifiée au rythme de la voix.

Rq : Il existe également le même principe mais avec la modulation d'amplitude (c'est la plus ancienne, elle est toujours utilisée pour les émissions de grandes ondes. En France, la plage de fréquence attribuée à la modulation d'amplitude est la plage 150-300kHz.) ou de fréquence (elle

lui est préférée car elle a une meilleure immunité au bruit, on l'utilise en radiophonie dans la bande FM (En France : 87-108MHz), voir les schéma du [Dunod].

On retrouve le signal $s(t)$ en considérant l'enveloppe de la porteuse modulée en amplitude. Le signal est compris entre deux courbes de la forme : $A_p(1 + ks(t))$ et $-A_p(1 + ks(t))$ où k est le facteur dont la dimension est l'inverse de celle de $s(t)$.

La fréquence de la porteuse : f_p est très grande devant la plus grande fréquence du signal $s(t)$.

Le signal modulé en amplitude a alors la forme suivante :

$$s_{AM} = \underbrace{s_p(t)}_{\text{porteuse}} \times \underbrace{(1 + ks(t))}_{\text{modulante}}$$

Un signal modulé en amplitude est le produit d'une porteuse par une modulante.

Rq : C'est une opération non-linéaire, il apparaît dans le signal modulé des fréquences non présentes dans le signal initial.

Réalisation pratique : signal à émettre est numérisé, le signal modulé calculé puis transmis à un amplificateur de puissance. On peut le réaliser avec un multiplieur. Il assure en plus la fonction d'adaptation d'impédance : les courants d'entrée sont nuls et la tension de sortie ne dépend pas de la charge comme pour un amplificateur linéaire intégré.

Parler de taux de modulation et de la forme du signal en fonction de sa valeur.

Spectre d'un signal modulé si on considère un signal sinusoïdal. On a alors la fréquence de la porteuse au centre entourée de deux raies latérales qui contiennent l'information associée au signal. En règle générale les signaux à transmettre sont rarement sinusoïdaux, [Dunod, p.151]. On définit la **largeur de bande** qui est la plage occupée par un signal modulé. La modulation occupe une largeur de bande de $2f_{max}$ indépendamment du taux de modulation.

1.2 Traitement numérique : le sous-échantillonnage

On veut pouvoir regarder notre signal à l'oscilloscope pour pouvoir l'analyser. Cependant si on réalise une FFT, on ne voit rien car les trois pics (celui de la porteuse et les deux autour sont trop proches). Pour faire celui-ci, on prend des points à une fréquence f_e . D'après le théorème de Shannon vu dans un cours précédent on a vu que pour avoir une bonne restitution du signal il faut que $f_e \geq 2f_{max}$. On avait vu que si on avait une fréquence d'échantillonnage plus petite on avait un repliement spectral. On avait vu ça comme défaut. Mais ici dans ce cas nous allons utiliser ce principe comme un atout pour gagner en résolution.

On a alors le critère de Shannon général, le repliement n'affecte pas le spectre si $f_e > \Delta f$ avec Δf la largeur spectrale du signal.

Il faut ensuite que le récepteur récupère le signal initial, on va donc extraire l'information en réalisant l'opération inverse qui est la démodulation. On utilise pour cela la démodulation synchrone

2 Extraction des informations

2.1 Détecteur de crête

Utilisé dans les premiers récepteurs radios.

La modulation a consisté à translater le spectre du signal en haute fréquence pour pouvoir l'émettre, la démodulation va faire la translation inverse.

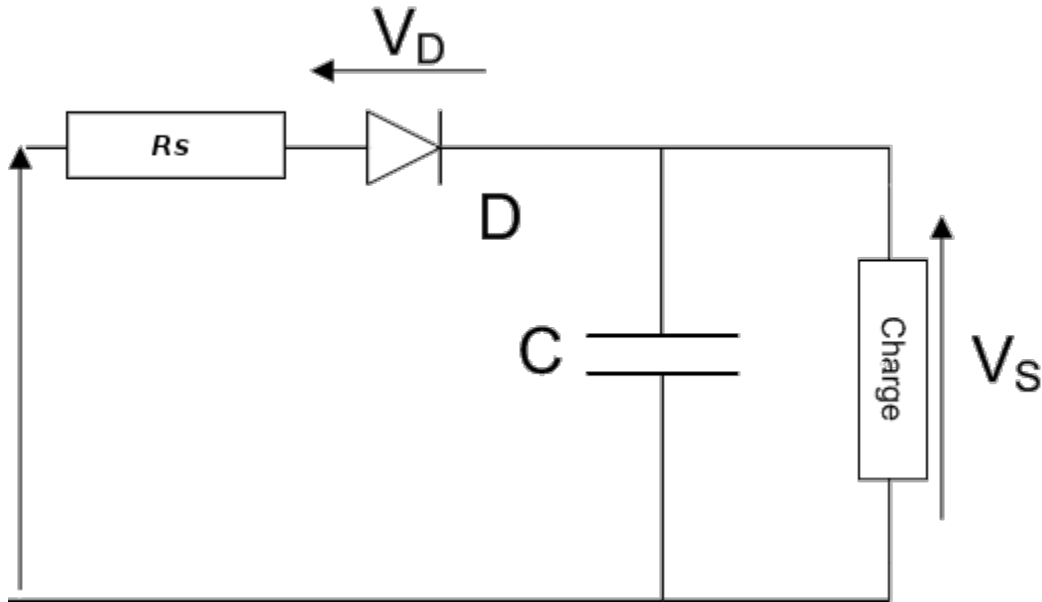


Figure 1: Détecteur de crête

Ce circuit sert à extraire le signal basse fréquence d'une fréquence porteuse modulée en amplitude.

Quand la tension d'entrée est positive, la diode conduit et le condensateur se charge. Quand la tension d'entrée est négative, la diode se bloque, le condensateur se décharge dans la charge. Comme la résistance présente dans le circuit lors de la charge de la capacité est faible, celle-ci est beaucoup plus rapide que la décharge dans la résistance. Si la constante de temps du circuit résistance-condensateur est correctement choisie, sa tension reste à peu près constante entre deux crêtes de la porteuse. [Voir page wikipédia]

Le détecteur de crête ne suffit pas car si le taux de modulation m est plus grand que 1 alors la forme de l'enveloppe n'est plus celle du signal que l'on veut transmettre. Il n'est alors plus possible de récupérer le signal avec cette méthode. On réalise alors une démodulation d'amplitude synchrone.

2.2 Démodulation d'amplitude synchrone

Avec notamment le principe de la détection synchrone.

On ramène le signal en basse fréquence par multiplication par la porteuse. [Dunod, p.154]. On retrouve donc ainsi des signaux aux fréquences : $0, f_s, 2f_p - f_s, 2f_p, 2f_p + f_s$. On met un filtre passe-bas ainsi on retrouve la valeur moyenne et la fréquence de notre signal d'origine. Le signal démodulateur doit être de même fréquence et de même phase que la porteuse.

Rq : En labo c'est facile de faire de la démodulation synchrone car c'est le même générateur qui va être utilisé pour faire la modulation et la démodulation. En télécommunication c'est plus compliqué car on ne dispose pas de la porteuse à la réception. On doit alors récupérer la porteuse c'est à dire reconstituer un signal de même fréquence et de même phase que la porteuse.

Signal analogique :