

Pour ce TP vous devez mettre vos téléphones en mode avion et vérifier que l'USB-3 est activé.

1. Introduction et éléments théoriques

Dans ce TP nous allons transmettre un signal numérique par voie radio en utilisant une modulation appelée FSK : Frequency Shift Keying = A Sauts de Fréquence. Le principe est simple un 0 est transmis par une fréquence f_0 , et un 1 par une fréquence f_1 , les deux fréquences étant dans le canal radio utilisé.

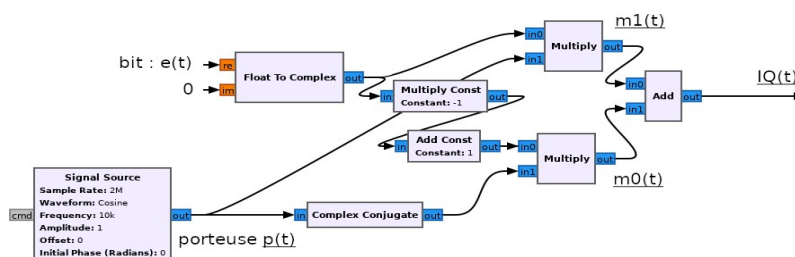
Dans ce TP, le signal à transmettre est un octet. Pour simplifier le montage on transmettra en boucle le même octet. Pour être transmis cet octet doit être sérialisé afin de transmettre les bits un par un, ici en commençant par le bit de plus faible poids (LSB). Le débit binaire correspond au nombre de bits transmis par seconde, son inverse est appelé bit time, c'est la durée de transmission d'un bit.

1. On suppose qu'on transmet l'octet 0x17 (17 en représentation hexadécimale). Le débit étant de 10 bit/s, représenter le signal numérique à moduler.

Comme déjà expliqué les SDR sont basés sur une modulation IQ. Il faut donc fabriquer le signal IQ afin de faire « sauter » la fréquence f_c de la porteuse de l'Adalm-Pluto de f_0 à f_1 selon qu'on transmet un bit à 0 ou à 1. Pour simplifier nous prendrons $f_0 = f_c - \Delta f$ et $f_1 = f_c + \Delta f$

Dans le TD/TP précédent nous avons montré qu'en représentation complexe la sortie du modulateur IQ valait $\underline{s}(t) = (I(t) + jQ(t))e^{j2\pi f_c t}$.

2. Que vaut $s(t) = \text{Re}(\underline{s}(t))$, donner sa fréquence, si $IQ(t) = I(t) + jQ(t) = e^{j2\pi \Delta f t}$. Idem si $IQ(t) = I(t) + jQ(t) = e^{-j2\pi \Delta f t}$.



3. A partir du schéma ci-dessus, déterminer l'expression en notation complexe des différents signaux. Le signal $e(t)$ vaut 1 le temps d'un bit à un vaut 0 le temps d'un bit à zéro. Exprimer $p(t)$, $p^*(t)$, $m1(t)$, $m0(t)$. En traitant séparément le cas d'un bit à 1 et d'un bit à zéro exprimer alors $IQ(t)$.
4. En déduire le signal radio qui sera émis par l'Adalm-Pluto quand on transmet un bit à 1 puis quand on transmet un bit à 0.

2. Expérimentation

Dans ce TP la partie logicielle sera réalisée à l'aide du logiciel de traitement de signal GNURadio et d'un SDR Adalm-Pluto (voir les TP précédent pour les consignes techniques : VM et SDR).

1. Démarrer le système GNURadio/Adalm-Pluto et ouvrir le schéma « modulation-fsk » récupéré sur Moodle.
2. Identifier dans le schéma le bloc émetteur et le bloc récepteur.
3. Identifier le paramétrage de la fréquence de la porteuse d'émission et celle de la porteuse de réception.
4. Identifier le paramétrage des réglages de l'amplification en émission et en réception.
5. En cohérence avec les autres étudiants, choisir un canal d'émission et un canal de réception. La largeur des canaux sera de 2MHz. Donner vos porteuses d'émission et de réception.
6. Dans le bloc émetteur, identifier le signal numérique à émettre et choisir une valeur.
7. Lancer le flux et régler les amplifications afin que le signal reçu soit suffisamment ample mais pas saturé. Donner les réglages complets pour les deux canaux.
8. A l'aide de la visualisation en chute d'eau ou de la représentation spectrale, décoder à la main le signal numérique reçu. Expliquer la méthode.
9. Comparer le signal numérique reçu avec le signal numérique transmis. Donner une preuve.
10. Que manque-t-il ?
11. Vérifier qu'il s'agit bien d'une modulation de fréquence. Donner une preuve.
12. Augmenter l'écartement entre les fréquences des 0 et des 1. Expliquer l'effet. Donner une preuve.
13. Afin de ne pas se perturber entre canaux proches le démodulateur est équipé d'un filtre passe-bas. Vérifier l'efficacité de son fonctionnement en réduisant l'espacement entre les canaux par exemple à 250kHz.