# Rapport projet Transmissions numériques

MEGUIRA Levi
CLAYBROUGH Jonathan

17 janvier 2018

## Contexte

Ce projet de communication numérique vise à simuler sous Matlab une chaîne de transmissions au standard DVB-S. Il se divise en trois grandes parties que sont :

1. La création d'un couple modulateur/ démodulateur.
2. Le codage canal avec code RS, code convolutif poinçonnage et entrelacement.
3. La synchronisation avec une structure en boucle fermée pour corriger les erreurs de phases.

## Table des matières



## 1 Organisation du travail

Nous étions un groupe de deux, alors plutôt que de travailler deux fois les mêmes choses, nous nous somme répartis les tâches à faire puisqu'elles étaient relativement indépendantes, puis avons mis en commun pour former la chaine entière.
Cette répartition fut possible grâce à la structure modulaire du projet. Ainsi, Lévi a pu travailler dans la chaine de base à la modulation et démodulation. Pendant ce temps Jonathan a mis en place la structure du code et implémenté quelques fonctions extérieures (bruit du canal). Une fois la chaine de base faite, Lévi a implémenté les fonctions de codage et décodage pendant que Jonathan a implémenté l'erreur de phase et sa correction.

## 2 Structure du code

Un fichier main.m sert de point d'entrée au programme. Il contient dans un premier temps toutes les configurations pour le signal, le bruit, le codage, l'erreur et correction de phase. Dans un deuxième temps, il incorpore la chaine de transmission dans son entièreté, utilisant tels ou tels fonctions dépendant des paramètres de base. Les fonctions de bruits, codage, decodage, dephasage et correction de phase ont étés écrites séparement et sont appellées dans cette chaine.

## 3 Modulation-démodulation

L'implémentation de cette première partie se fait avec une chaine passe-bas équivalente à la chaine de transmission sur porteuse du cas simulé. Elle envoie un signal complexe plutôt que deux signaux réels en quadrature, et ce de la façon suivante :

1. Des bits d'informations sont modulés en QPSK, c'est à dire sous la forme de symboles complexes $c_k = a_k + jb_k$ ou $a_k, b_k \in \{-1, +1\}^2$
2. Ces symboles sont passés par un filtre de mise en forme en racine de cosinus surélevé et envoyés sur un canal.
3. Le canal ajoute un bruit gaussien d'une densité spectrale de puissance spécifiée.
4. Le signal atteint le récepteur ou il est passé par un filtre adapté et échantionné aux instants optimaux.
5. Enfin il est divisé en ses parties réelles et imaginaires puis passé par un détecteur à seuil pour prendre les décisions et retrouver les symboles QPSK d'emissions.

## 4 Bruit canal

Le canal est supposé créant du bruit blanc gaussien. La fonction canal ajoute donc un bruit blanc gaussien complexe au signal complexe reçu avec le dB souhaité.
Pour calculer la puissance du bruit :

$\sigma = 1$ (variance des symboles) On a pris une porte normée donc puissage de signal à 1 aussi. $Es = 2 \times Eb$ donc $\sigma^2 = \dfrac{1}{4. * Eb/N0}$ et

$$Eb/N0_dB = 10\log(Eb/N0)_4. * Eb/N0 \text{ d'où } Eb/n0 = 10^{(dB/10)}$$

```
function [ signalBruite]= canal( dB, signal)
Eb_N0 = 10^(dB/10);
sigma = 1 / (2 * 10 ^ (Eb_N0 / 10));
bruit_I = sqrt(sigma) * randn(1, length(signal));
bruit_Q = sqrt(sigma) * randn(1, length(signal));
bruit = bruit_I + 1j * bruit_Q;
signalBruite = signal + bruit;
end
```

## 5 Codage canal

Le codage canal se décompose en plusieurs parties que sont dans l'ordre :

1. Un code de Reed-Solomon réduit (204,188).
2. Un entrelaceur conforme au standard DVB-S c'est à dire de *paramètres* 17 et 12.
3. Un code convolutif de polynômes générateur $171, 133$, qui est poinçonné via la matrice $[1, 1, 0, 1]$.

Toutes ces fonctions sont implémentés dans une seule est même fonction `codage` qui prend un vecteur de `bits` et tous les interrupteurs relatifs aux étapes de son fonctionnement et renvoie le vecteur codé.

```
function [bits_codes] = codage(bits, RS_encoding, interleaving,
   puncturing, convencoding)
```

### 5.1 Code de Reed Solomon

Le code de Reed-Solomon est par essence non-binaire ; il prend en entrée des symboles qui dans notre cas seront des octets. Pour effectuer la conversion à partir de valeurs binaires, on va utiliser les fonctions `reshape` puis `bi2de` et obtenir ainsi le vecteur `symboles` huit fois plus cours.
Ce vecteur sera encodé pour donner un vecteur `symboles_codes` puis à son tour converti en valeurs binaires via une opération analogue à la première.

```
        %comment
        if RS_encoding
                symboles=bi2de(reshape(bits,[],8));
                symboles_codes = step(enc,symboles);
                bits_codes = reshape(de2bi(symboles_codes),[],1);
        end
```

## 6 Retard de phase

Le retard de phase est relativement trivial à implémenter, puisqu'il suffit de prendre le signal complexe et de le multiplier par $e^{j\phi}$.

```
        function [ symb_d ] = Dephasage( phi, ecartFreq, symb )
        d_phi = phi.*ones(1,length(symb)) + [1:length(symb)].*2.*pi.*
           ecartFreq;
        symb_d = symb.*exp(j*d_phi);
        end
```

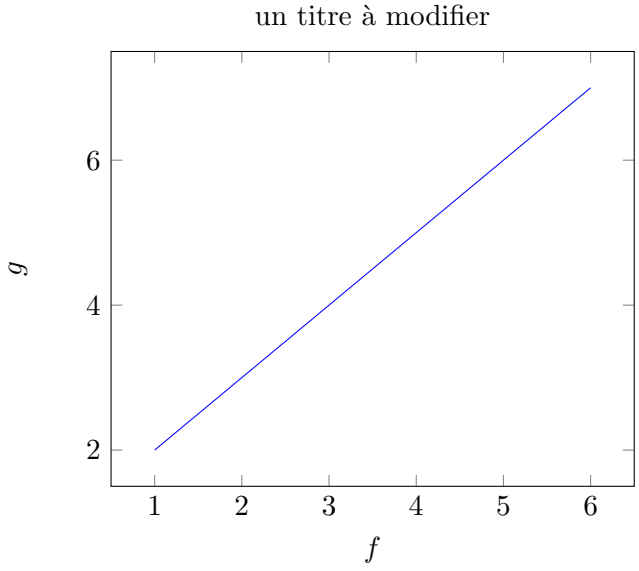
# 7 Correction du retard de phase

```
function [ symb_corrige ] = PLL(A, B, symb)
%PLL Detection et correction du dephasage
%   Detection et correction du dephasage du signal du a la
   difference de
%   frequence des horloges a l'emission et la reception

symb_corrige = zeros(1, length(symb));
phi_est = zeros(1, length(symb)+1);
out_det = zeros(1, length(symb));
w = zeros(1, length(symb));
NCO_mem=0;      % initialisation NCO
filtre_mem=0;   % initialisation de la memoire du filtre

%PLL
for i=1:length(symb)
symb_corrige(i) = symb(i)*exp(-j*phi_est(i));
out_det(i)= -imag(symb_corrige(i).^4);

% filtre de boucle
w(i)=filtre_mem+out_det(i); % memoire filtre + sortie detecteur
filtre_mem=w(i);
out_filtre=A*out_det(i)+B*w(i);   % sortie du filtre a l'
   instant i :  F(z)=A+B/(1-z^-1)

%NCO
phi_est(i+1)=(out_filtre+NCO_mem); % N(z)=1/(z-1)
NCO_mem=phi_est(i+1);
end
end
```

# 8 Conclusion

Nous avons pu implémenter l'entièreté de la chaine de transmission et vérifier un certain nombre de résultats attendus.

```
%raw Data
taux d erreurs sans codage=

    0.0546    0.0504    0.0429    0.0368    0.0322

taux d erreurs avec codage RS et interleaving =

    0.0548    0.0542    0.0436    0.0401    0.0288

taux d erreurs avec codage RS sans interleaving=

    0.0571    0.0556    0.0442    0.0395    0.0319
taux d erreurs scode =

    0.0564    0.0538    0.0427    0.0375    0.0274

taux d erreurs avec RS, interleaving, convencoding  =

    0.0529    0.0426    0.0370    0.0196    0.0147

taux d erreurs =

    0.2094    0.1934    0.1561    0.1106    0.0649
```




# 9 conclusion