

# TD11: Codage canal LDPC

Lélio CHETOT, Jean-Marie GORCE

November 29, 2019

## A Démarche à suivre

Ce TD est un travail en groupe, à réaliser en séance, puis sur votre temps de travail à la maison. Le rapport final, avec le code Matlab, doit être déposé sur Moodle, un mois maximum après la séance de TD. Ce sujet permet d'appliquer les principes de la détection optimale à un problème de codage en blocs. Pour préparer ce TD, cherchez des informations sur le codage LDPC (historique, utilisation, performances, principes). Vous travaillerez sur un document (disponible sur Moodle) qui est un rapport en anglais. Vous pouvez également le lire avant la séance.

## B Rappels

- (a) Quel est le rôle du codage canal ?
- (b) Comment se positionnent le codeur et le décodeur dans la chaîne de transmission par rapport à la modulation et la démodulation ?
- (c) Qu'est-ce qu'un codage en bloc ?
- (d) Quel est le rôle de la matrice génératrice ?
- (e) Qu'est-ce que la distance de Hamming ?
- (f) Quelle est la différence entre correction et détection d'erreur ?




## C Principes de Codage/Décodage

Supposons que l'on ait implémenté un modulateur et un démodulateur à décisions dures (c'est à dire que chaque symbole est estimé indépendamment des autres).

- (a) Dans un tel récepteur, le démodulateur résout pour chaque symbole un problème de détection optimal. Exprimez le problème de détection ainsi posé.
- (b) Supposons qu'on ait une modulation de type QPSK. Donnez les régions de décisions associées à chaque symbole.
- (c) Lorsqu'on associe un codage canal, cette approche n'est pas optimale. Pourquoi ? Démontrez-le sur un codage simple de type codage à répétition.
- (d) En partant de l'expression du MAP pour un code donné, faites apparaître la vraisemblance et la probabilité a priori des séquences de codes.
- (e) Montrez alors pourquoi démoduler et décoder séparément n'est pas optimal.

## D Étude du LDPC

Cette partie est celle qui doit être rendue sur Moodle. Elle sera notée. Vous devrez déposer 3 fichiers:

-  votre rapport au format pdf: `rapport_LDPC_groupe<id>.pdf`
-  votre décodeur hard: `HARD_DECODER_GROUPE<id>.m`
-  votre décodeur soft: `SOFT_DECODER_GROUPE<id>.m`

## 1 Préliminaires

Commencez par étudier le document `ldpc.pdf` que vous récupérerez sur Moodle.

- (a) À quelle famille de codes le LDPC appartient-il ?
- (b) À quoi fait référence le nom LDPC ?
- (c) Pourquoi la représentation graphique est-elle importante pour comprendre le décodage ?

## 2 Études des décodeurs

- (a) Quelle différence y a-t-il entre le décodeur hard et le décodeur soft ?
- (b) En déduire pourquoi un décodeur soft a plus de chance d'être performant qu'un décodeur hard.

## 3 Implémentation des décodeurs

Vous allez maintenant implémenter les décodeurs hard et soft. Veillez à bien respecter les consignes car vos codes seront testés de façon automatique. Vos codes doivent également être bien commentés.

- (a) À partir de la section 3.1 *Hard-decision decoding*, implémentez le décodeur hard. Pour cela, vous créerez un fichier `HARD_DECODER_GROUPE<i>.m` où *i* est le numéro de groupe qui vous est attribué. Ce fichier devra comporter une fonction `HARD_DECODER_GROUPE<i>(c, H, MAX_ITER)` prenant en paramètres:

- ▶ *c* est un vecteur **colonne** binaire de taille  $[N, 1]$ ;
- ▶ *H* est une matrice de taille  $[M, N]$  constituée de `true` et `false`;
- ▶ `MAX_ITER` est un entier strictement positif spécifiant le nombre maximal d'itérations que peut effectuer le décodeur.

et retournant

- ▶ *c\_cor* le vecteur **colonne** binaire de taille  $[N, 1]$  issu du décodage.

- (b) À partir de la section 3.2 *Soft-decision decoding*, implémentez le décodeur soft. Pour cela, vous créerez un fichier `SOFT_DECODER_GROUPE<i>.m` où *i* est le numéro de groupe qui vous est attribué. Ce fichier devra comporter une fonction `SOFT_DECODER_GROUPE<i>(c, H, p, MAX_ITER)` prenant en paramètres:

- ▶ *c* est un vecteur **colonne** binaire de taille  $[N, 1]$ ;
- ▶ *H* est une matrice de taille  $[M, N]$  constituée de `true` et `false`;
- ▶ *p* est un vecteur **colonne** de taille  $[N, 1]$  tel que  $p(i)$  est la probabilité que  $c(i)=1$ ;
- ▶ `MAX_ITER` est un entier strictement positif spécifiant le nombre maximal d'itérations que peut effectuer le décodeur.

et retournant

- ▶ *c\_cor* le vecteur **colonne** binaire de taille  $[N, 1]$  issu du décodage.

## 4 (Bonus) Évaluation des décodeurs

- (a) Comment évalueriez-vous les performances des hard et soft décodeurs ? Proposez un scénario de test en précisant votre choix de modulation, le canal utilisé et le critère d'évaluation des performances.

## E Auto-évaluation

- 💡 Je sais appliquer la théorie de la détection à un problème de décodage.
- 💡 Je comprends les bases d'un codeur LDPC.
- 💡 J'ai compris l'intérêt d'un algorithme de décodage itératif.
- 💡 Je sais développer un algorithme complexe sous Matlab.