

Projet Info LDD2 – TD 12

Objectifs du TD : Réécriture : vérification d'un code de Hamming.

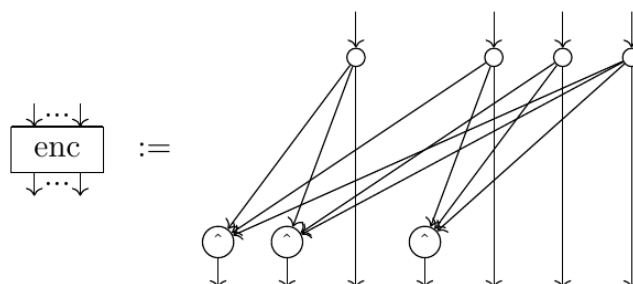
Rendu final : Attendu pour le 9 mai (par mail). Le zip doit contenir le projet, ainsi que le petit rapport dont les indications se trouvent à la fin du TD. Peaufinez bien l'architecture du projet, les docstrings et les commentaires, et les quelques tests qui ont été demandés. N'hésitez pas à me poser des questions si vous avez besoin d'indications.

Lorsqu'on transmet de l'information sur un canal (fibre optique, wifi, signal radio, ...) du bruit peut intervenir, i.e. des bits d'information peuvent changer de valeur entre l'émetteur et le récepteur. Des codes correcteurs peuvent alors être utilisés pour pallier ce problème. L'idée conceptuellement est simple : au message qu'on veut transmettre, on va rajouter des bits d'information, qui vont servir à ajouter de la redondance.

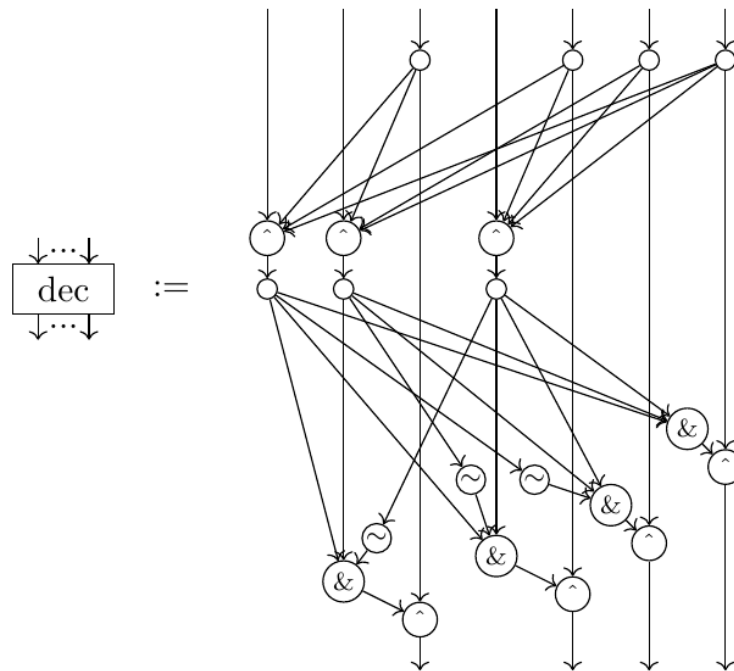
Les codes de Hamming sont un des tous premiers exemples de codes correcteurs. Pour tout entier $n > 1$, il permet d'encoder un message de $2^n - n - 1$ bits en utilisant $2^n - 1$ bits, et peut corriger 1 erreur. On va s'intéresser dans la suite au cas $n=3$ où on encode donc 4 bits avec 7.

Les blocs qui vont nous intéresser sont l'encodeur (qui est utilisé par l'émetteur pour ajouter les bits de redondance), et le décodeur (utilisé par le récepteur pour récupérer le message original à partir de celui -- potentiellement bruité -- reçu).

L'encodeur peut être implémenté par le circuit booléen suivant :

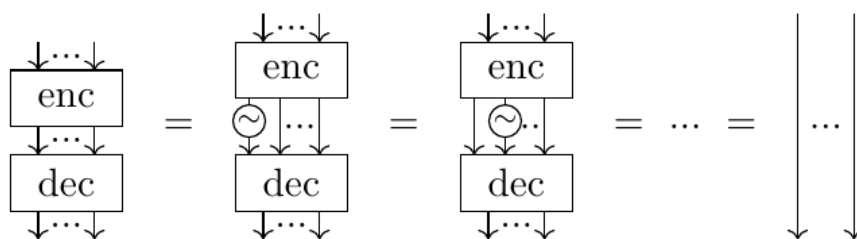


et le décodeur par le suivant :



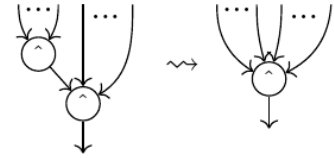
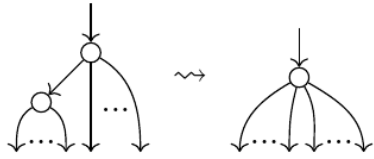
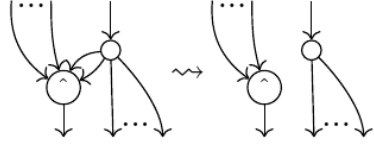
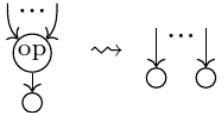
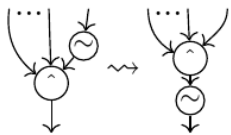
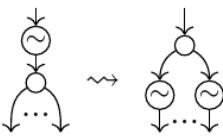
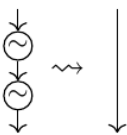
Donnez ces deux circuits comme des méthodes de classe de `bool_circ`. (On peut s'aider de la méthode `parse_parentheses`.)

On va dans la suite vérifier la propriété principale du code : s'il y a au plus une erreur (un bit qui change de valeur) entre l'encodeur et le décodeur, on devrait retrouver exactement le message d'origine. Graphiquement, on veut montrer :



(en effet, une erreur sur un bit va être représentée par une porte NON).

On va le faire en réécrivant nos circuits, d'une manière similaire au TD précédent, mais avec les règles supplémentaires, que voici :

Associativité de XOR	Associativité de la copie	
		
“involution” de XOR	Effacement	
		
NON à travers XOR	NON à traver la copie	involution de NON
		

Notes : dans la règle d'effacement, “op” peut être n'importe quel opérateur, binaire ou unaire, ou même une constante. Dans l' « involution » de XOR, s'il y a plus que deux arêtes entre les deux nœuds, la règle nous dit qu'on peut les retirer deux par deux. On peut donc plus directement laisser une arête si on en avait un nombre impair, et 0 si on en avait un nombre pair.

Exercice 2 : Implémenter ces règles de réécriture. Implémenter également une méthode qui applique ces règles (ainsi que celles du précédent TD) tant qu'on peut.

Exercice 3 : Vérifier la propriété principale du code de Hamming : que la composition de l'encodeur et du décodeur réduit à l'identité, et que cela reste vrai si une unique erreur survient sur n'importe quel bit. Enfin, montrez qu'avec 2 erreurs on peut ne pas retrouver le message d'origine.

Bonus : Question ouverte

On peut aussi se servir de réécritures pour simplifier un circuit (par exemple en réduisant le nombre de portes).

Exercice 4 : Proposer de telles réécritures, et les implémenter (en les distinguant bien des autres dans la docstring). Sur un grand ensemble de circuits générés aléatoirement, quel est le ratio moyen de portes supprimées par cette procédure ?

Rapport

Le rapport devra être donné sous format pdf, dans le zip du projet, sous le nom `rapport_<liste des noms des membres du groupe>.pdf`. Le rapport est libre mais devra répondre aux points suivants:

1. Présentez schématiquement l'architecture de votre projet (on veut notamment voir les dépendances des fichiers).
2. Présentez une évaluation d'un half-adder sur deux entiers (en montrant quelques étapes intermédiaires).
3. Quelle est théoriquement la profondeur et le nombre de portes d'un half-adder (en fonction de n) ? Quelle est la longueur du plus court chemin d'une entrée vers une sortie ? Vérifiez ces valeurs sur différentes valeurs de n . Même question pour le "carry-lookahead" si vous l'avez implémenté (bonus).
4. Présentez votre approche à l'exercice 3 de ce TD. Montrez quelques étapes intermédiaires dans la vérification.

5. Si vous avez réalisé l'exercice 4 de ce TD : sur un grand ensemble de circuits générés aléatoirement, quel est le ratio moyen de portes supprimées par cette procédure ?
6. Remplir l'état des lieux à récupérer sur le site du cours.