

# Codes LDPC non-binaires pour le codage de source

Anne SAVARD et Claudio WEIDMANN

ETIS - ENSEA / Université de Cergy-Pontoise / CNRS UMR 8051

F95014 Cergy-Pontoise Cedex, France

*prenom.nom@ensea.fr*

**Introduction** Les codes LDPC (Low Density Parity Check) sont des codes canal proposés par Gallager en 1962. Aujourd'hui ils sont généralement décodés en utilisant un algorithme de propagation de croyances (BP). Malheureusement le BP est mal adapté au codage de source avec LDPC, car le vecteur source n'a en général pas les propriétés statistiques d'une sortie de canal typique. La difficulté liée au codage de source est d'avoir un algorithme qui converge pour tous les vecteurs source.

Braunstein et al. [1] ont montré en 2009 que les codes LDPC non-binaires pouvaient être utilisés pour la quantification de vecteurs binaires avec comme critère la distorsion de Hamming. Ils ont proposé trois modifications pour pallier aux problèmes de convergence : la  $b$ -réduction, le décodeur Reinforced Belief Propagation (RBP) et l'ordonnancement (scheduling) aléatoire avec relance.

[1] montre donc qu'une modification ou perturbation du BP permet son utilisation en compression, c'est pourquoi nous l'avons choisi comme point de départ de nos travaux. Dans un premier temps, nous cherchons à obtenir des résultats semblables à ceux de Braunstein et al.. Le RBP utilise les probabilités *a posteriori* (APP) de l'itération précédente dans la mise à jour des messages. Il est utilisé pour des codes LDPC ultra-sparse (chaque noeud de variable est connecté à deux noeuds de parité). On observe qu'en effectuant une  $b$ -réduction (suppression aléatoire de  $b$  noeuds de parité), on améliore les propriétés de convergence du décodeur et donc la distorsion obtenue. D'autre part, si le RBP échoue avec le scheduling classique (*flooding scheduling*), il doit être relancé avec un autre scheduling.

**Contributions** Le RBP converge pour beaucoup de séquences d'entrée, cependant cette convergence a souvent lieu vers cette même séquence. La dépendance entre les noeuds et donc leur interaction dans la mise à jour des messages impose d'ordonner ces derniers : le scheduling. Nous utilisons deux types de scheduling : pour le premier scheduling, seul l'ordonnancement des opérations est aléatoire et pour le second la décision de recalculer un message est également aléatoire, comme proposé par Beermann et al. [2]. Notre premier scheduling repose sur le choix de l'ordre des noeuds de parité. Cet ordre sera conservé pour toutes les itérations. Le premier noeud est choisi aléatoirement, et nous mettons à jour ses messages sortants. Puis nous mettons à jour les messages sortants des noeuds de variable connectés à ce noeud de parité. Dans la suite, nous choisissons un noeud de parité dont au moins un des messages arrivants a été mis à jour.

Le RBP apparaît comme une méthode *ad hoc* afin de pallier aux problèmes de convergence en renforçant les croyances sur les symboles estimés fiables. Une autre pertur-

bation du BP, l'Augmented Belief Propagation (ABP), est un algorithme qui s'attaque de façon plus systématique à ce problème. Nous l'étudions donc afin de le comparer au RBP. L'ABP que nous proposons est l'extension au cas non-binaire de celui proposé par Varnica et al. [3]. En cas d'échec du BP, des itérations du BP sont relancées après une saturation des probabilités d'un noeud de variable, ce qui permet d'interrompre certaines oscillations du décodeur. En comparant la convergence du BP, RBP et ABP nous constatons que le RBP (avec le flooding scheduling) est aussi efficace que le BP. Il l'est cependant moins que l'ABP basé sur le BP. Par contre, nous améliorons les performances du RBP en utilisant en cas d'échec un ABP basé sur le RBP. Cette méthode permet de meilleurs résultats qu'en utilisant l'ABP basé sur un BP [Figure 1].

**Perspectives** Nous avons montré que des perturbations systématiques (ABP) permettent d'améliorer encore les performances du décodeur RBP. Pour la suite de nos travaux, nous étudierons les scheduling probabilistes ainsi que les effets du *dithering* (perturbation aléatoire des valeurs de croyance) [4].

- [1] A. Braunstein, F. Kayhan, and R. Zecchina, "Efficient LDPC codes over  $GF(q)$  for lossy data compression," *ISIT 2009, Seoul, Korea, June 28 - July 3, 2009*.
- [2] M. Beermann, L. Schmalen, and P. Vary, "Improved decoding of binary and non-binary LDPC codes by probabilistic shuffled belief propagation," *Communications (ICC), 2011 IEEE International Conference on*, 2011.
- [3] N. Varnica, M. P. Fossorier, and K. Aleksandar, "Augmented belief propagation decoding of low-density parity check codes," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 55, July 2007.
- [4] F. Leduc-Primeau, S. Hemati, S. Mannor, and W. J. Gross, "Dithered belief propagation decoding," *IEEE Transactions on communications*, 2012.

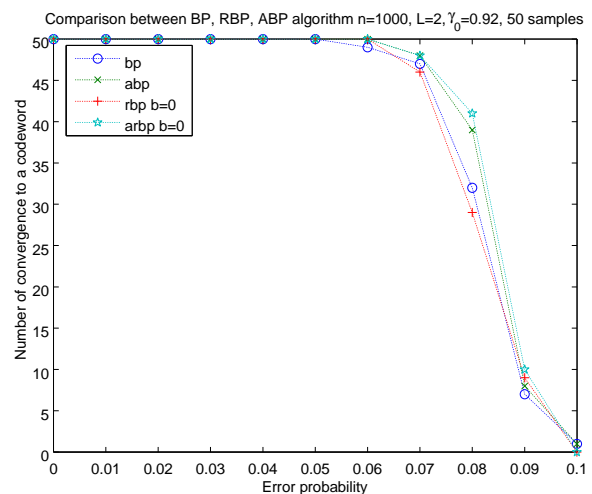


Figure 1: Comparaison entre BP, ABP, RBP, RBP+ABP