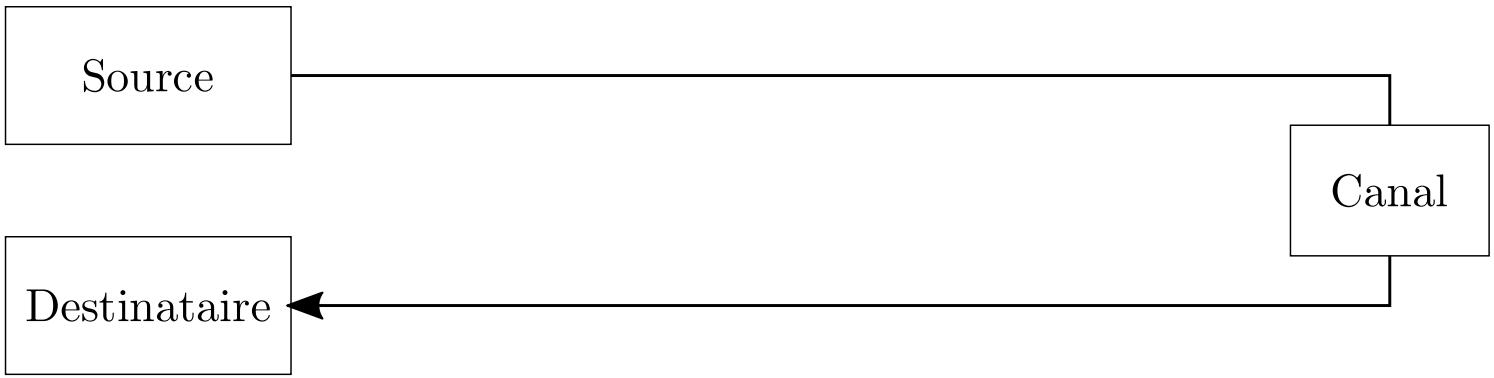
Décodage de codes polaires sur des architectures programmables

Mathieu Léonardon

13 Décembre 2018

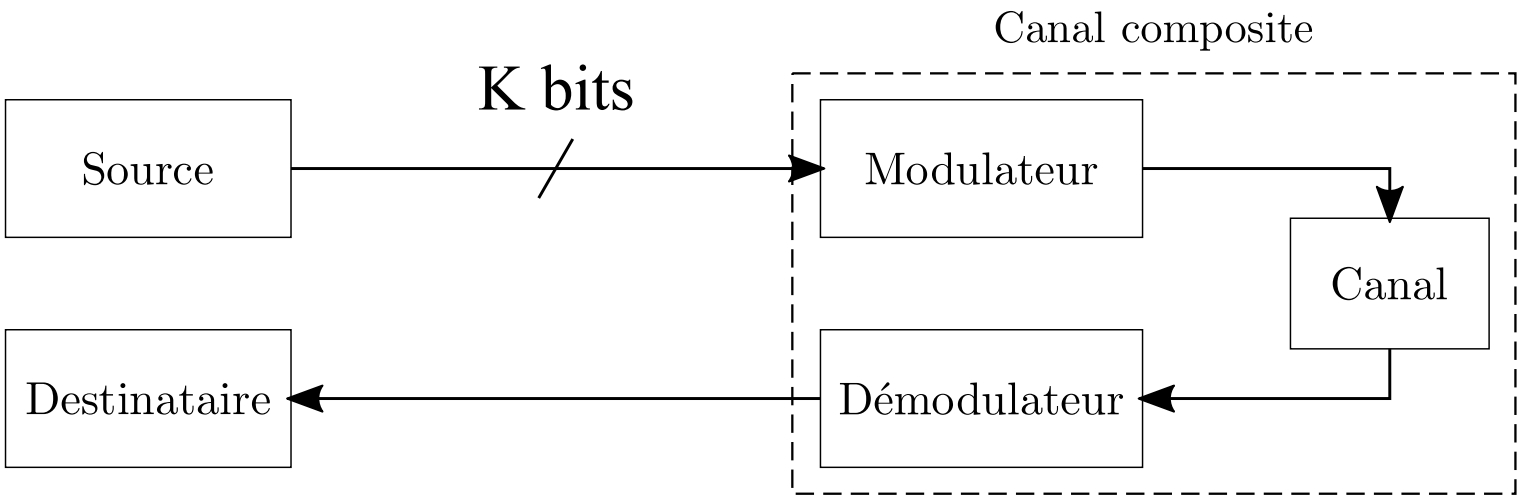
1 Introduction

Chaîne de communication



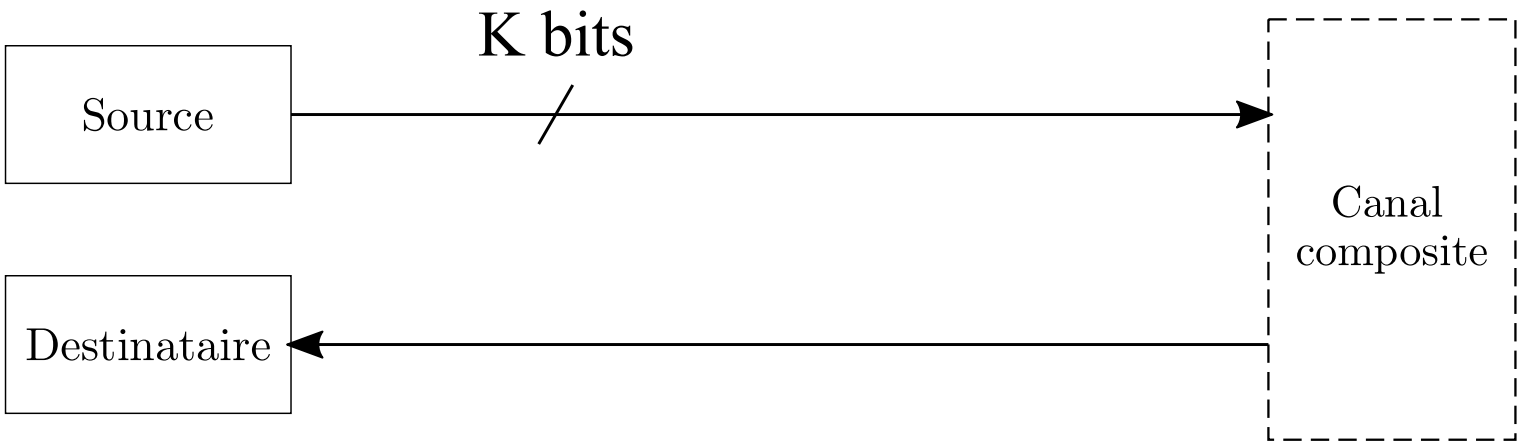
- Message transmis au travers d'un canal de communication

Chaîne de communication numérique



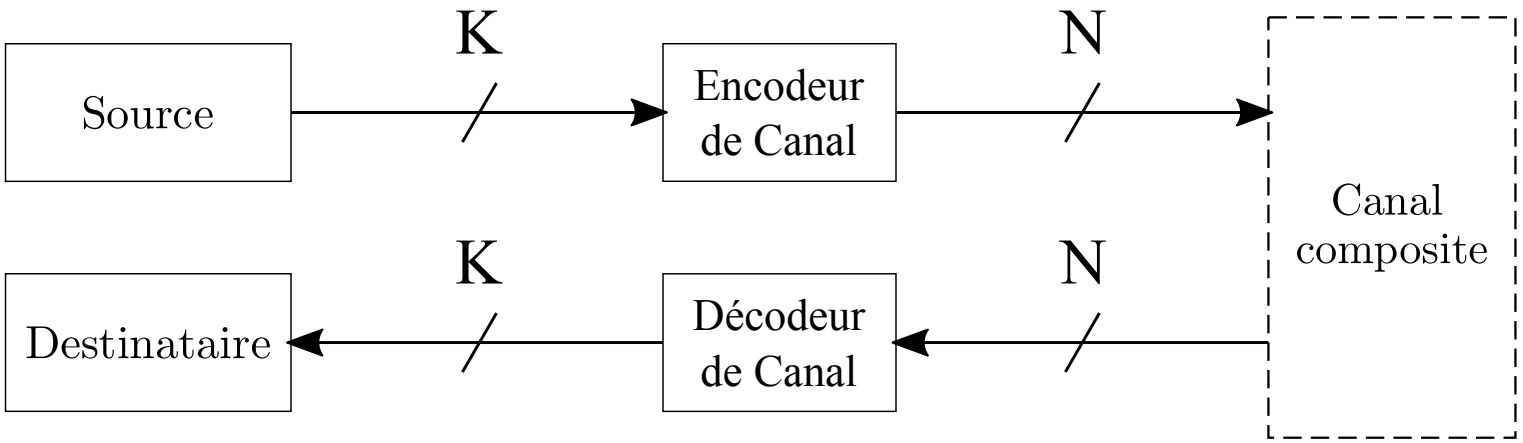
- Message transmis au travers d'un canal de communication
- Nécessité d'une modulation

Chaîne de communication numérique



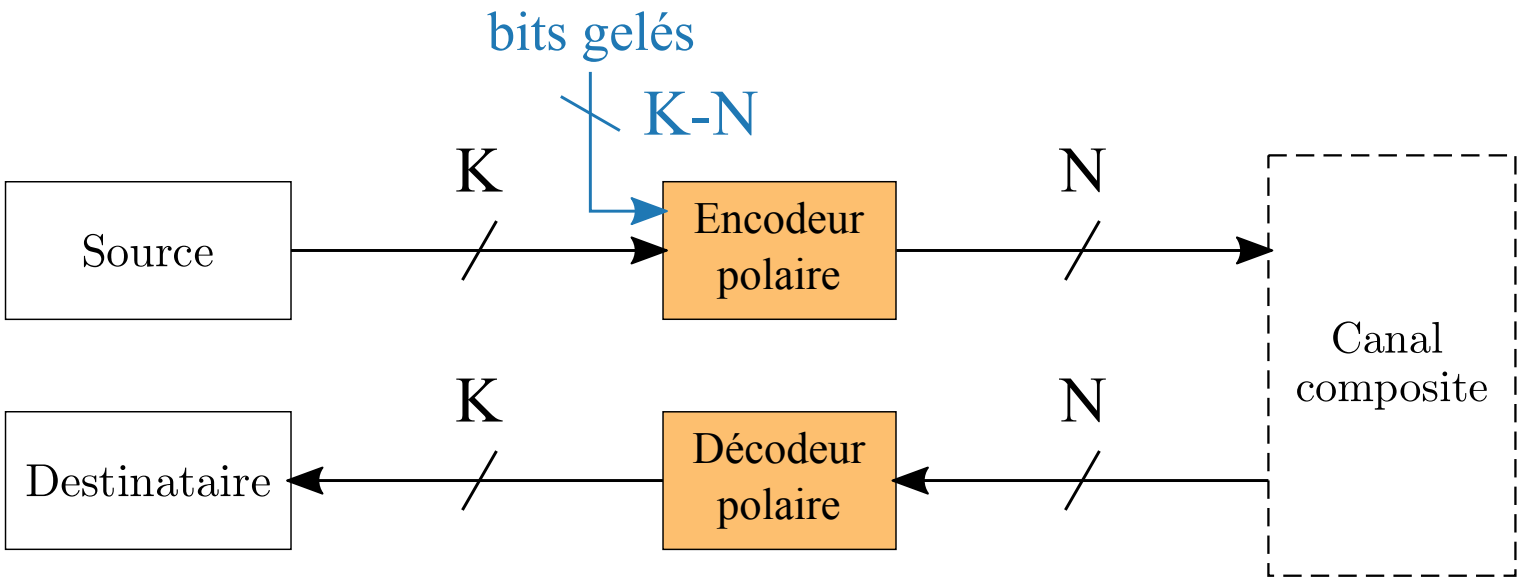
- Message transmis au travers d'un canal de communication
- Nécessité d'une modulation
- Modèle simplifié

Chaîne de communication numérique



- Message transmis au travers d'un canal de communication
- Nécessité d'une modulation
- Modèle simplifié
- Correction d'erreurs par ajout de redondance ($N > K$)

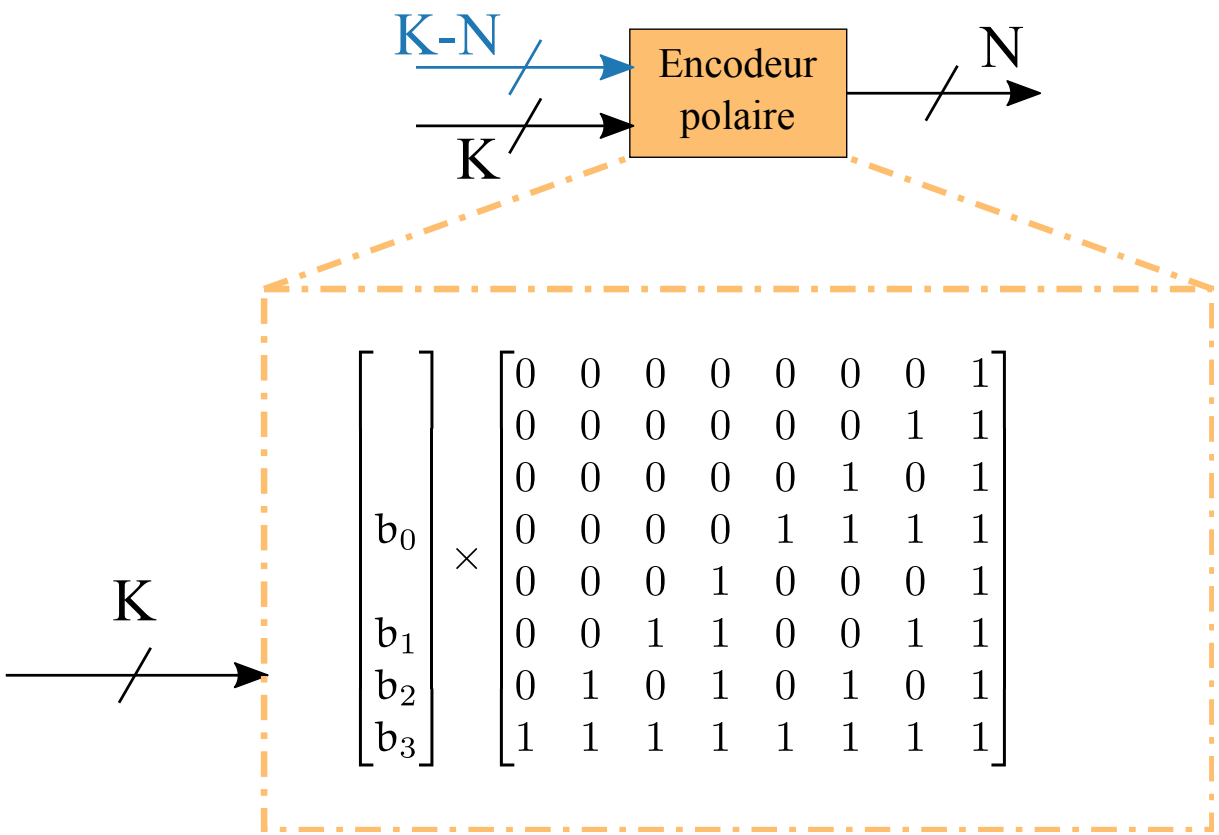
Chaîne de communication numérique



- Message transmis au travers d'un canal de communication
- Nécessité d'une modulation
- Modèle simplifié
- Correction d'erreurs par ajout de redondance ($N > K$)
- Le cas des codes polaires

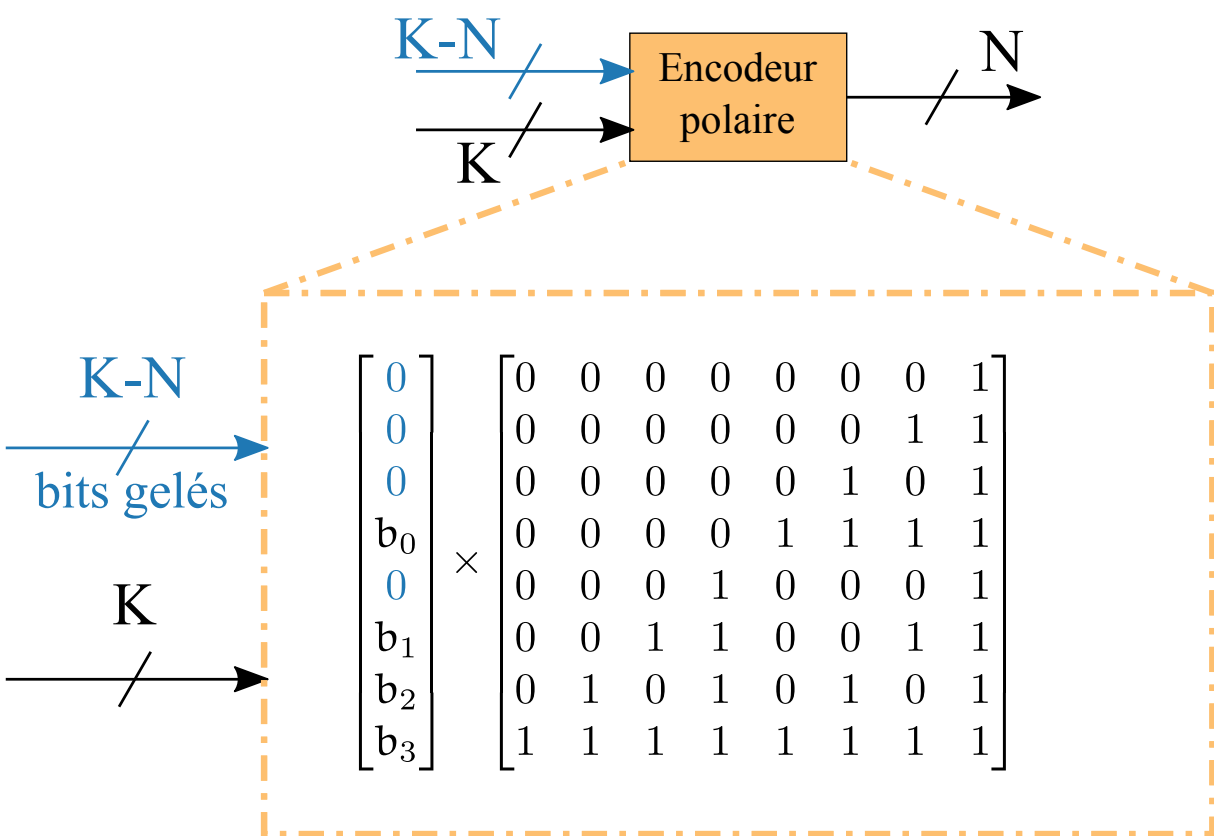
- 1948 : Théorie de l'information (Shannon)
- 1950 : Codes de Hamming
- 1955 : Codes convolutifs
- 1960 : Codes BCH
- 1960 : Codes Reed-Solomon
- 1960 : Codes LDPC
- 1966 : Codes concaténés (Forney)
- 1993 : **Codes turbos**
- 1996 : **LDPC rediscovery**
- 2008 : **Codes polaires**

Codage polaire



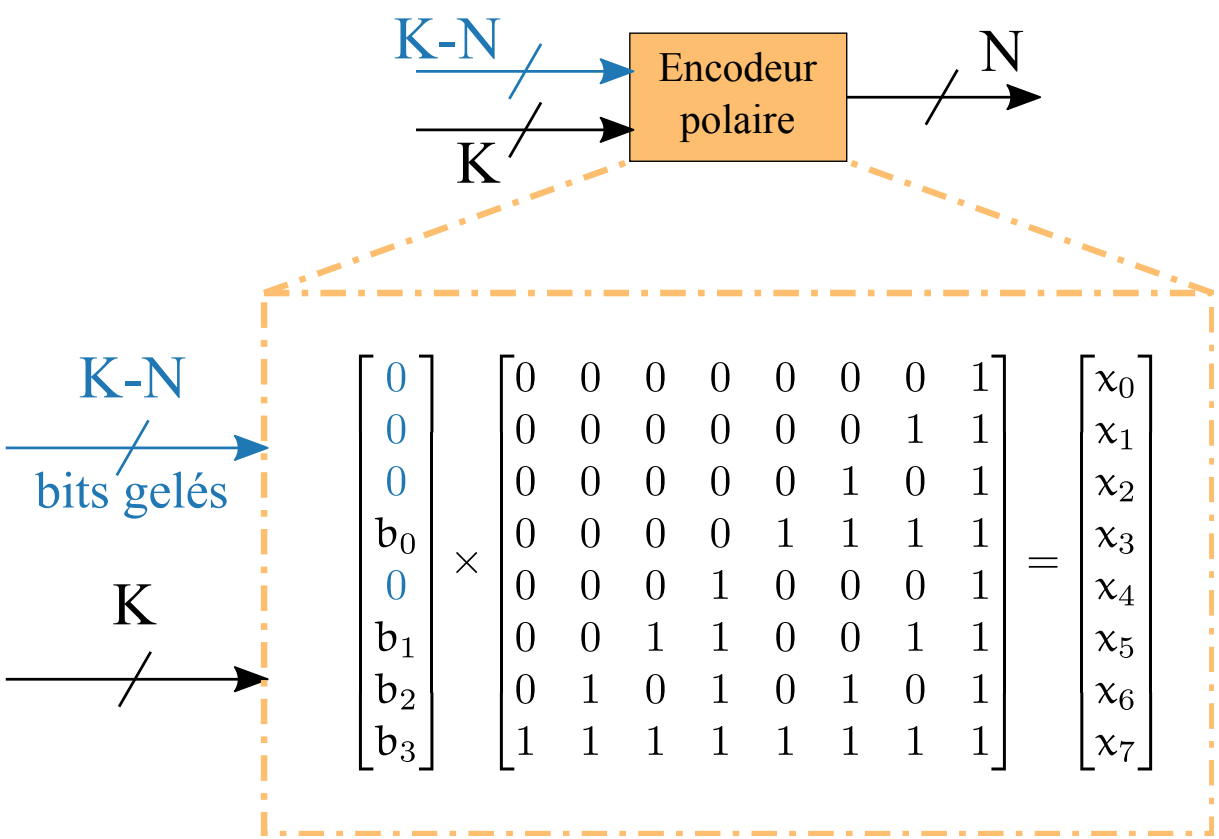
- Matrice d'encodage

Codage polaire



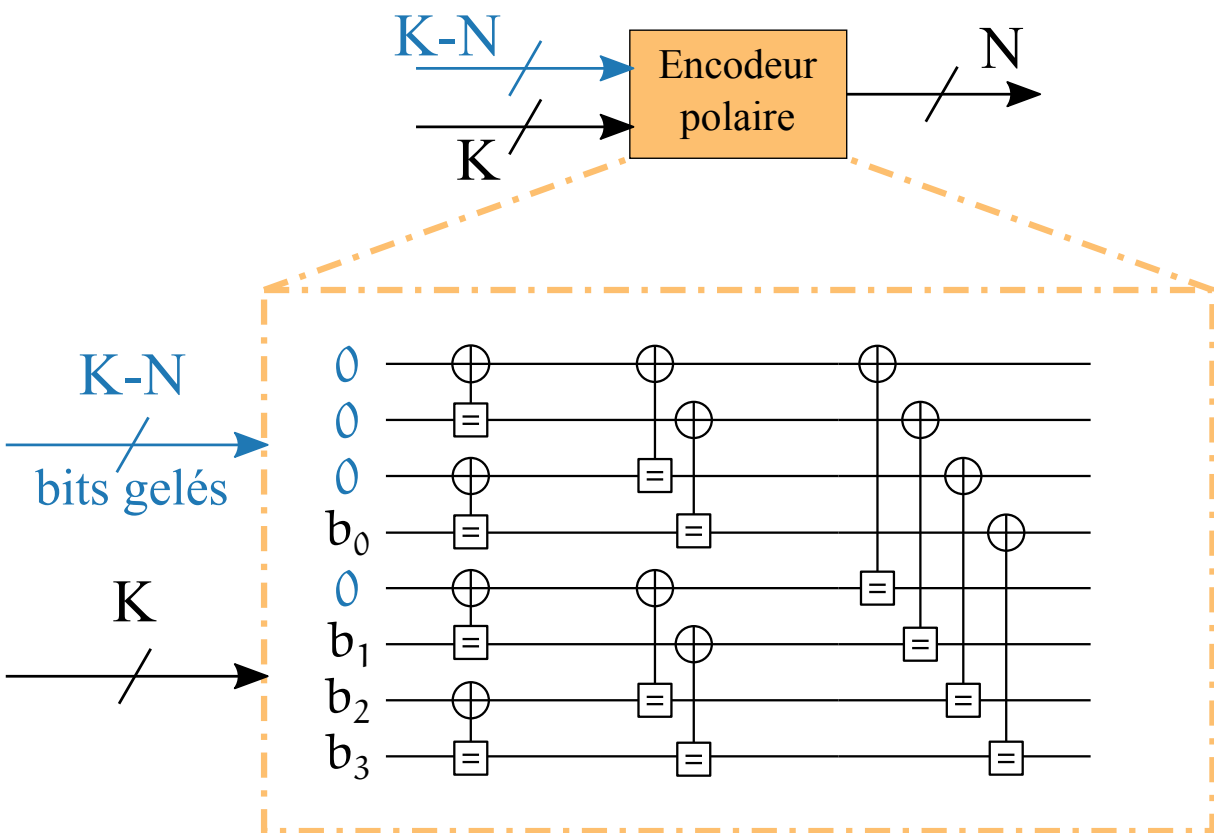
- Matrice d'encodage
- Bits gelés

Codage polaire



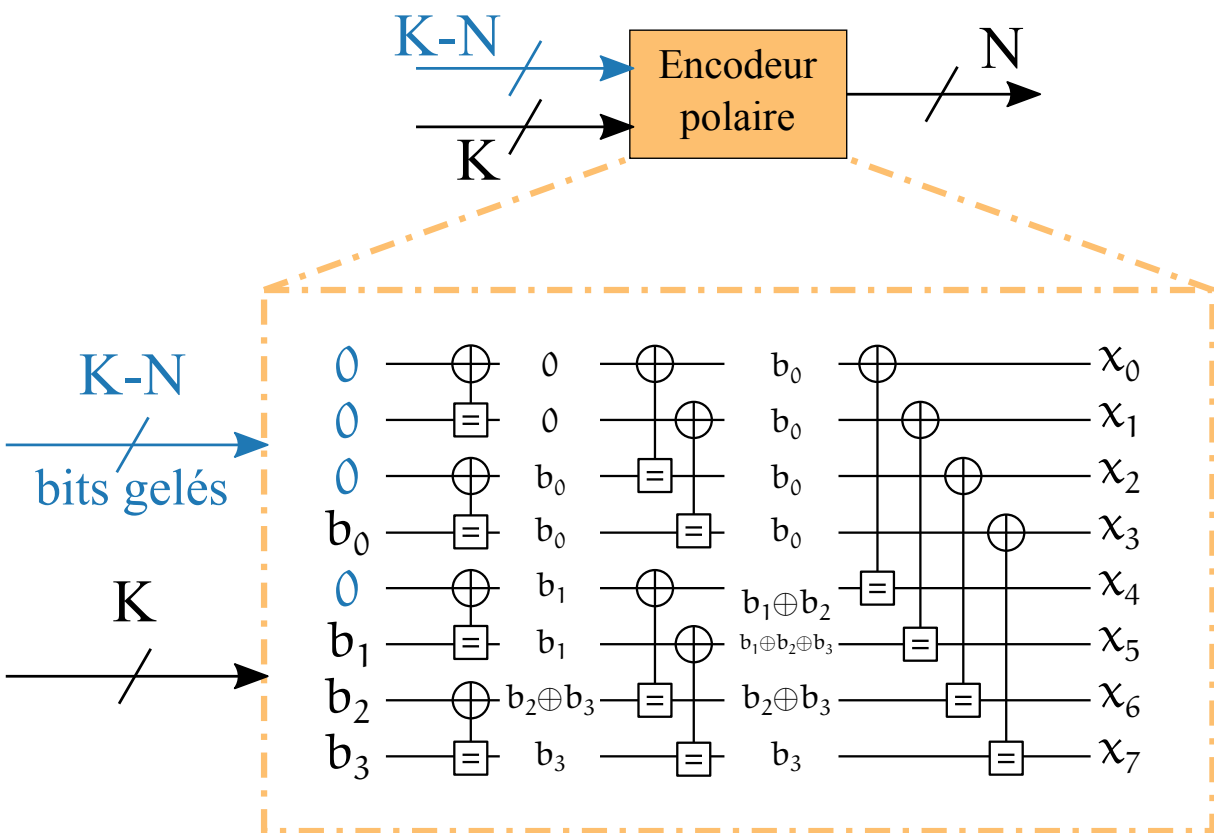
- Matrice d'encodage
- Bits gelés
- Mot de code : x_i

Codage polaire



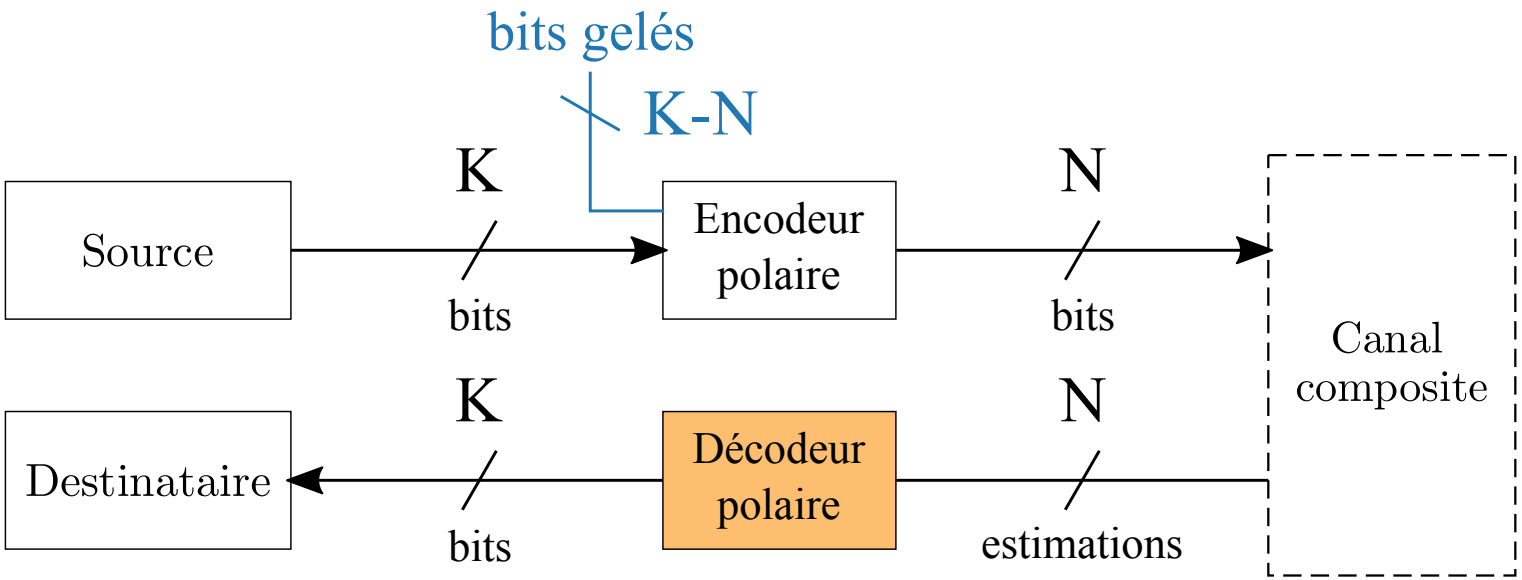
- Matrice d'encodage
- Bits gelés
- Mot de code : x_i
- Graphe de factorisation

Codage polaire



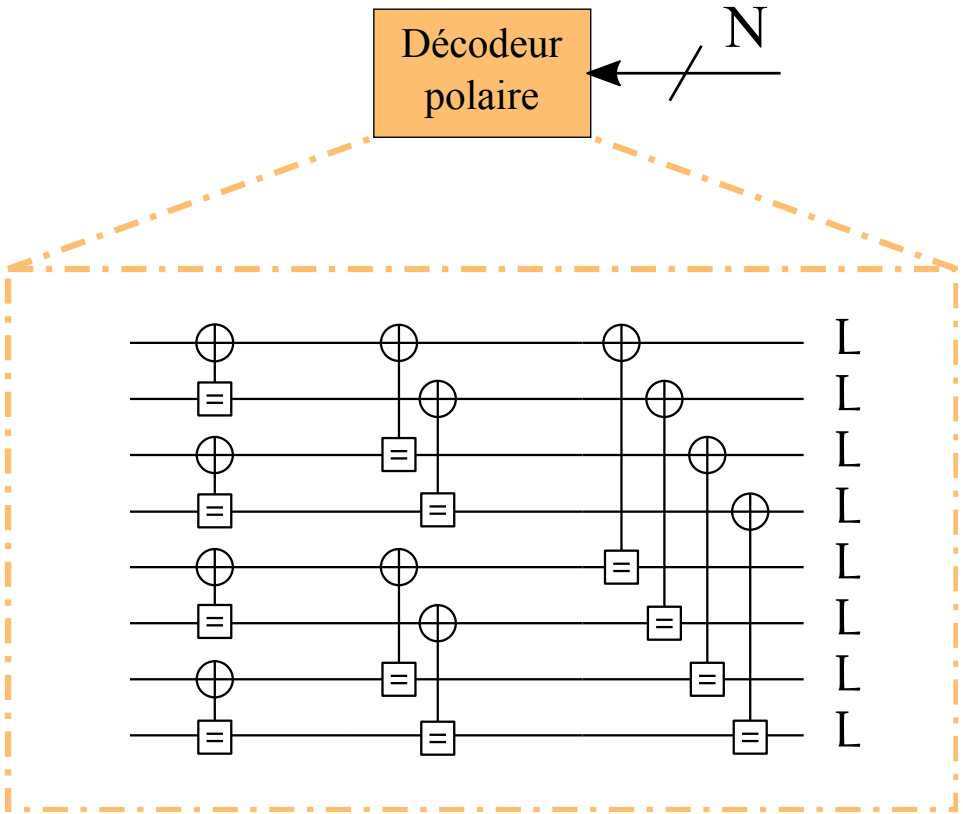
- Matrice d'encodage
- Bits gelés
- Mot de code : x_i
- Graphe de factorisation

Algorithme de décodage SC



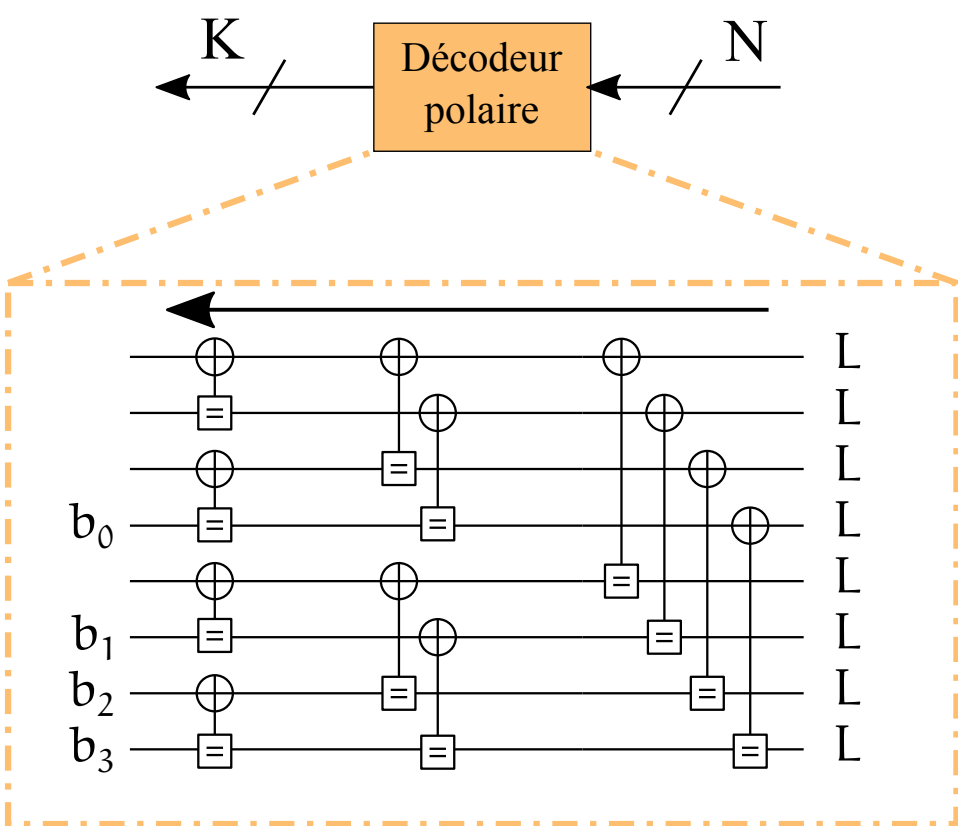
- Estimations : LLR
- Signe : valeur binaire la plus probable
- Valeur absolue : fiabilité de l'information

Algorithme de décodage SC



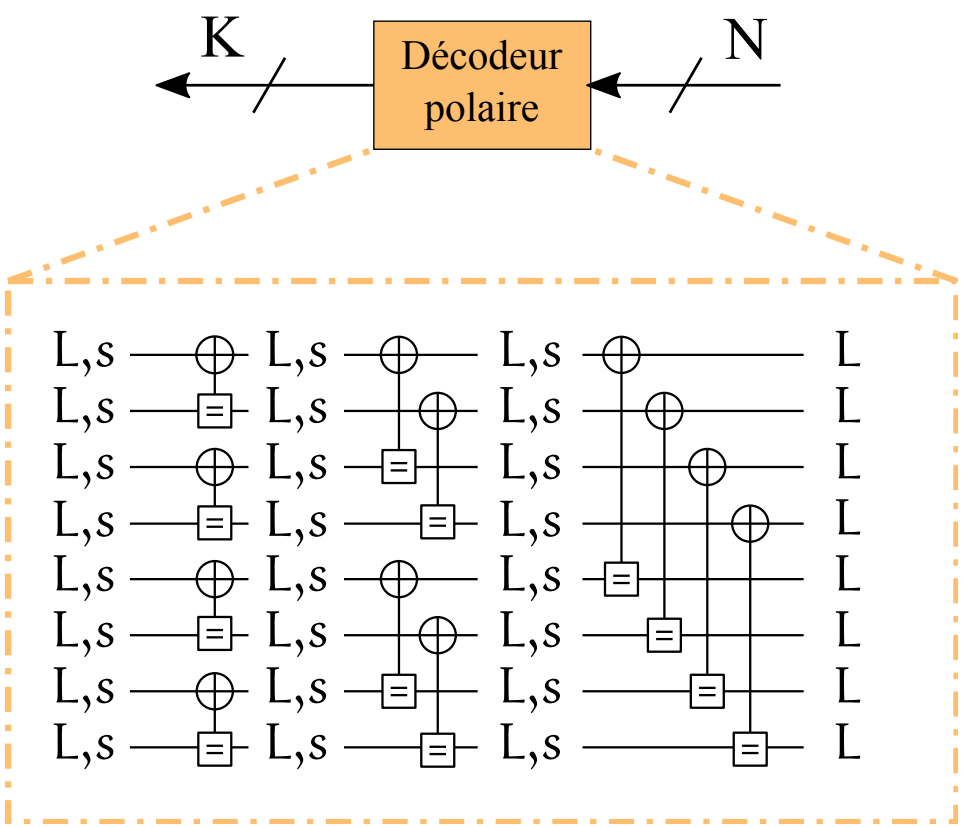
- L : Log Likelihood Ratios (LLR)

Algorithme de décodage SC



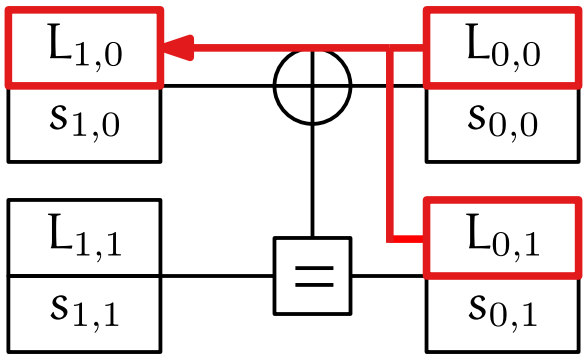
- L : Log Likelihood Ratios (LLR)

Algorithme de décodage SC

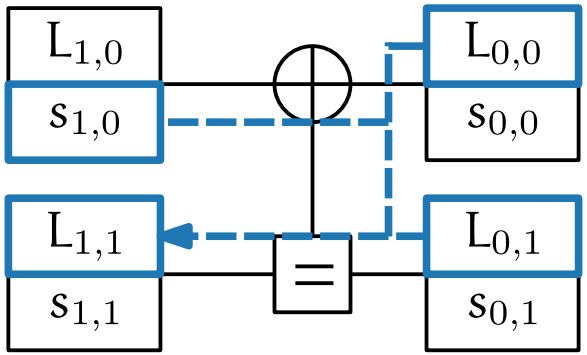


- L : Log Likelihood Ratios (LLR)
- s : Sommes Partielles

Algorithme de décodage SC

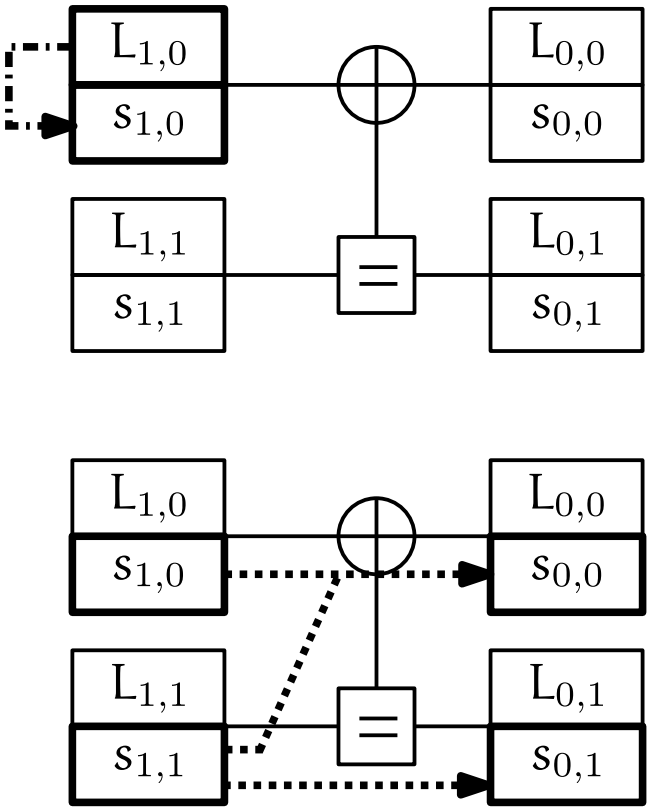


$$f(L_a, L_b) \approx \text{sign}(L_a.L_b).\min(|L_a|, |L_b|)$$



$$g(L_a, L_b, \hat{s}_a) = (1 - 2\hat{s}_a)L_a + L_b$$

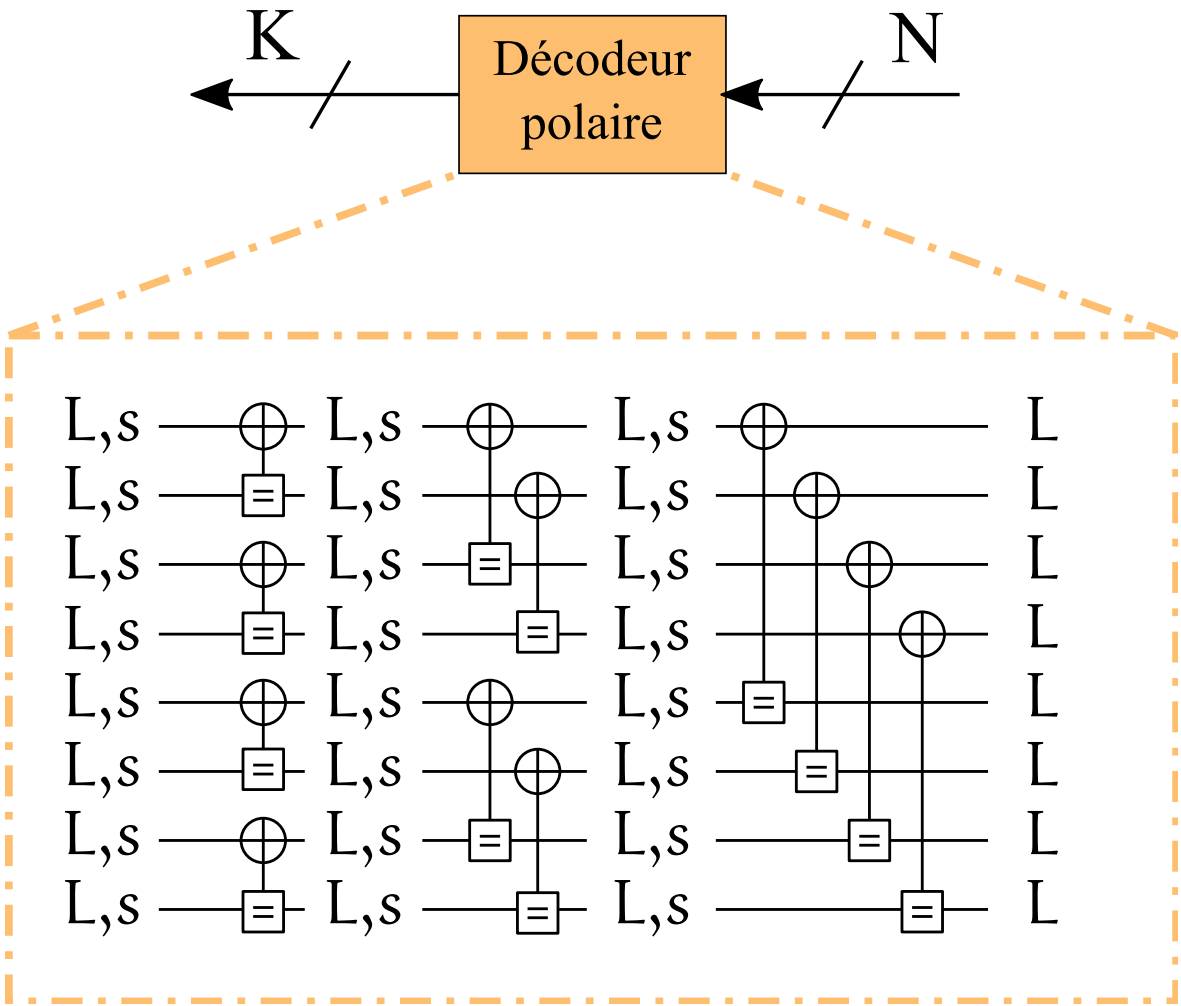
Algorithme de décodage SC



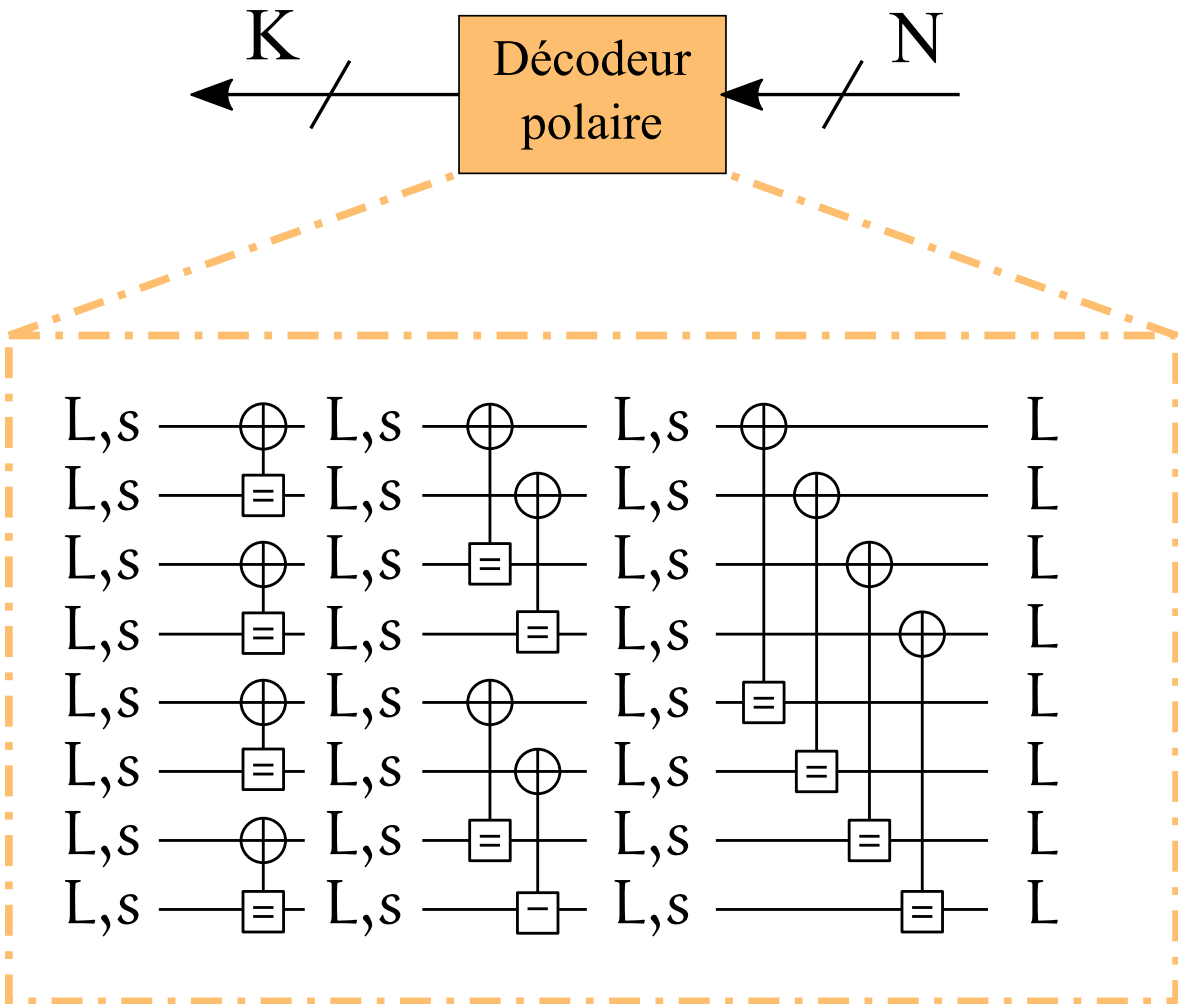
$$\mathtt{R1}(L_a) = \begin{cases} 0 \text{ si } L_a \geqslant 0 \\ 1 \text{ si } L_a < 0 \end{cases}$$

$$h(\hat{\mathbf{s}}_a, \hat{\mathbf{s}}_b) = (\hat{\mathbf{s}}_a \oplus \hat{\mathbf{s}}_b, \hat{\mathbf{s}}_b)$$

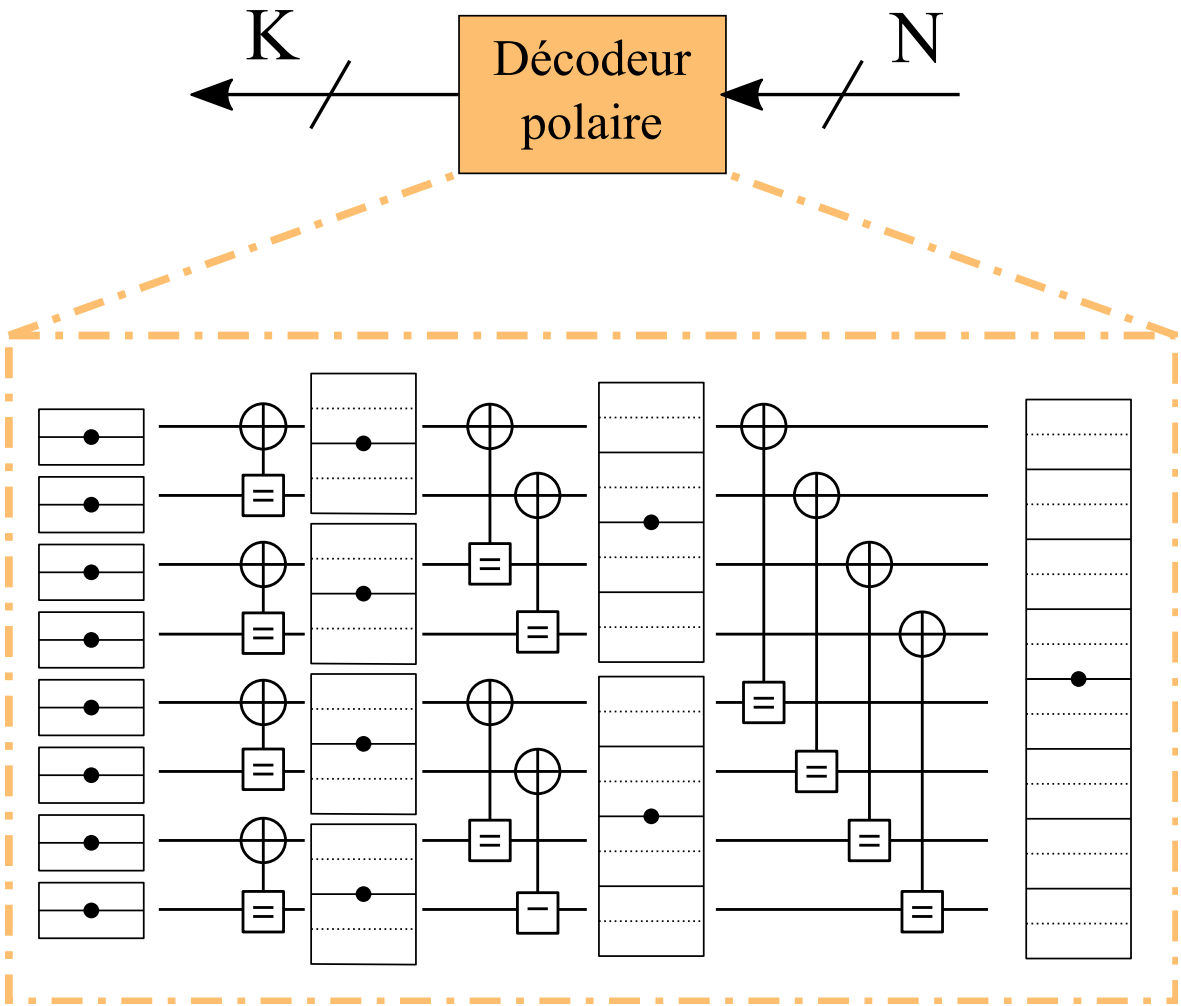
Algorithme de décodage SC



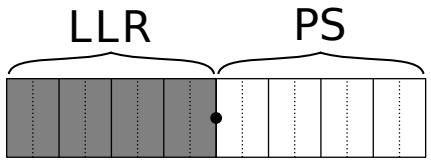
Algorithme de décodage SC

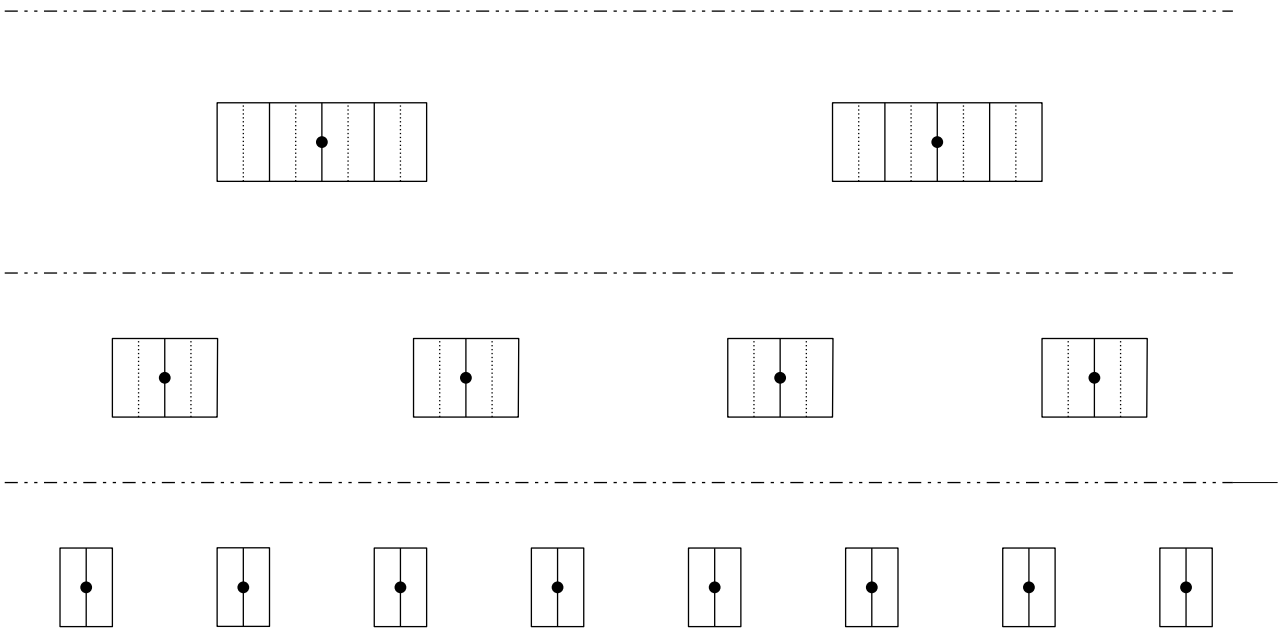


Algorithme de décodage SC

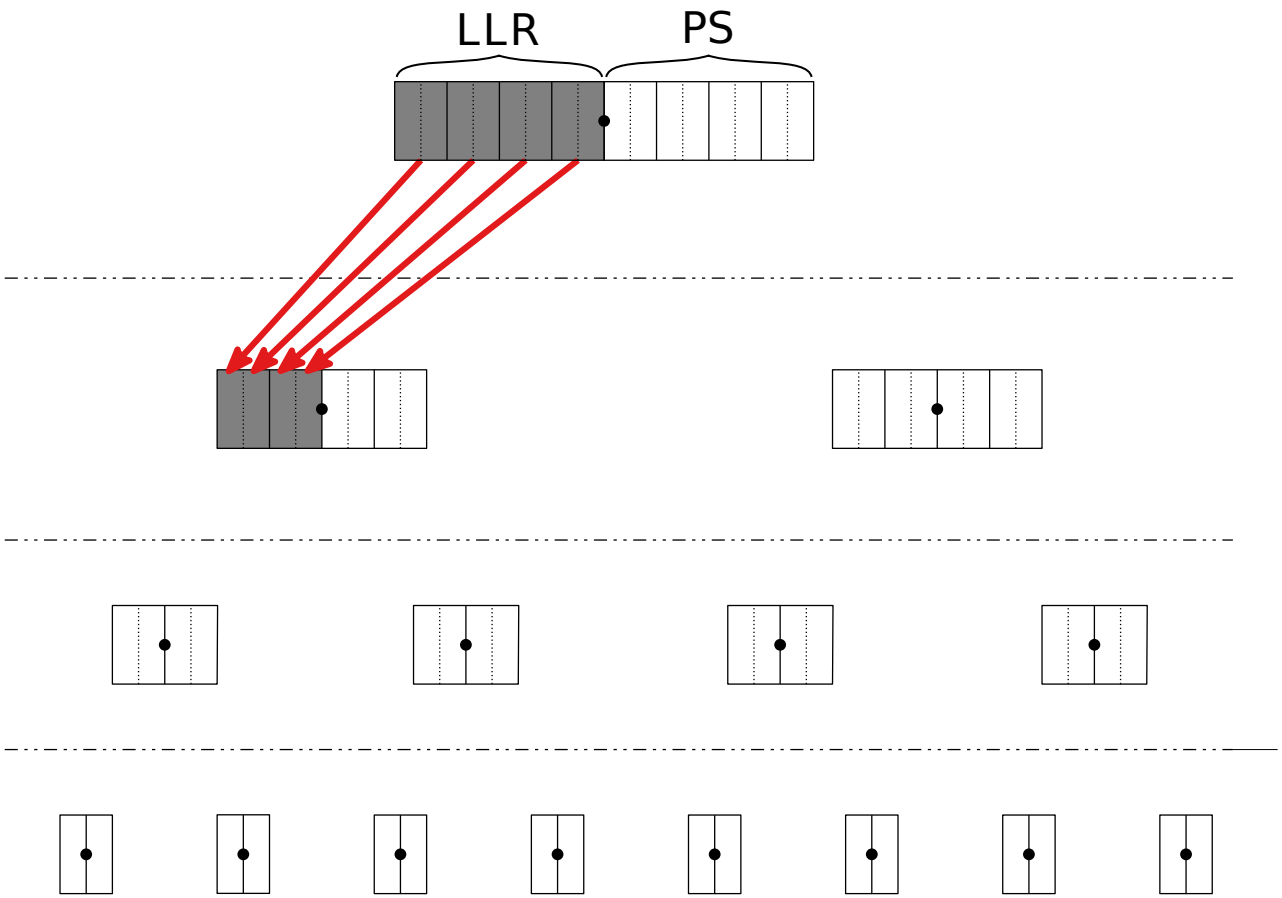


Algorithme de décodage SC

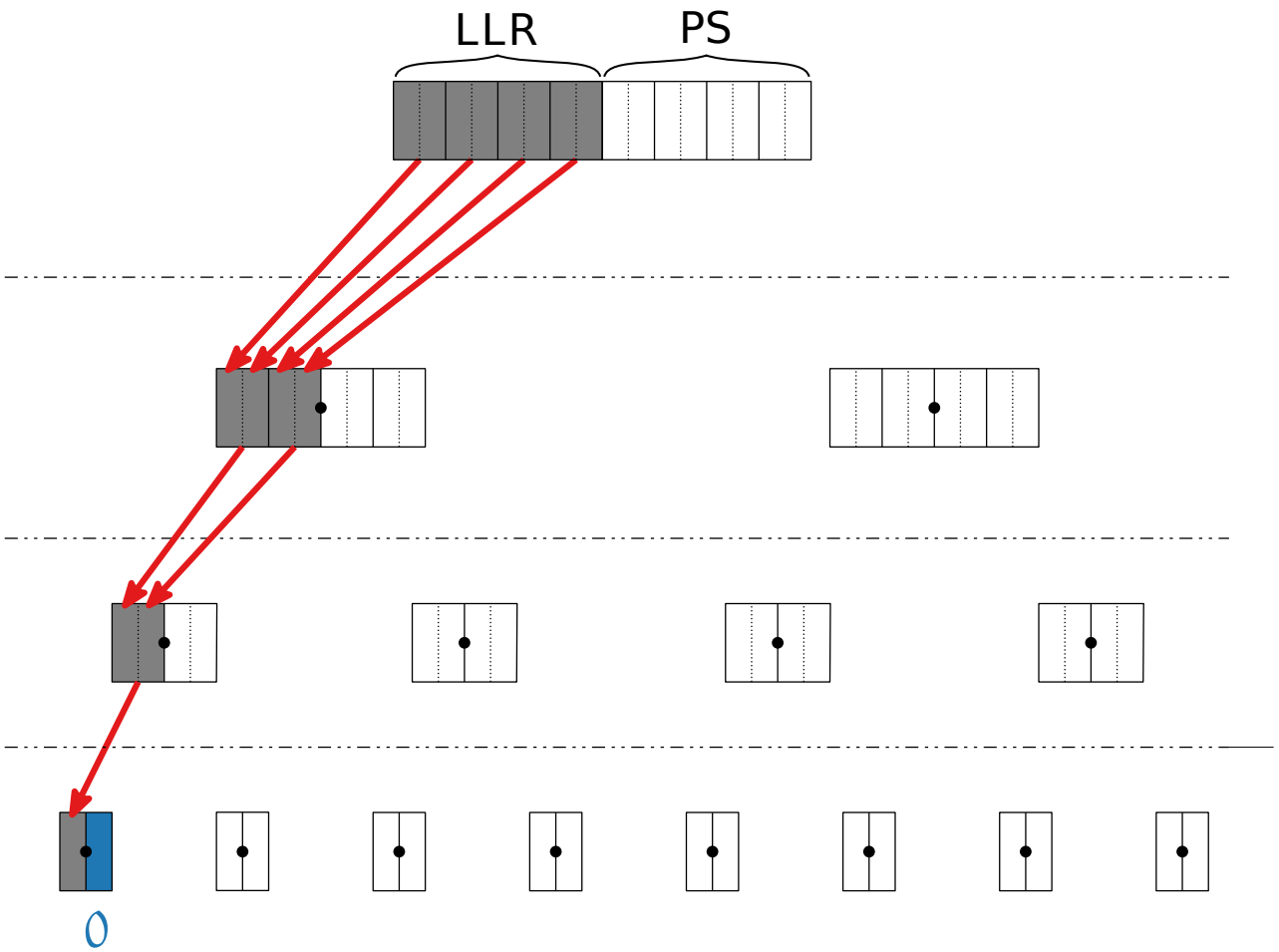




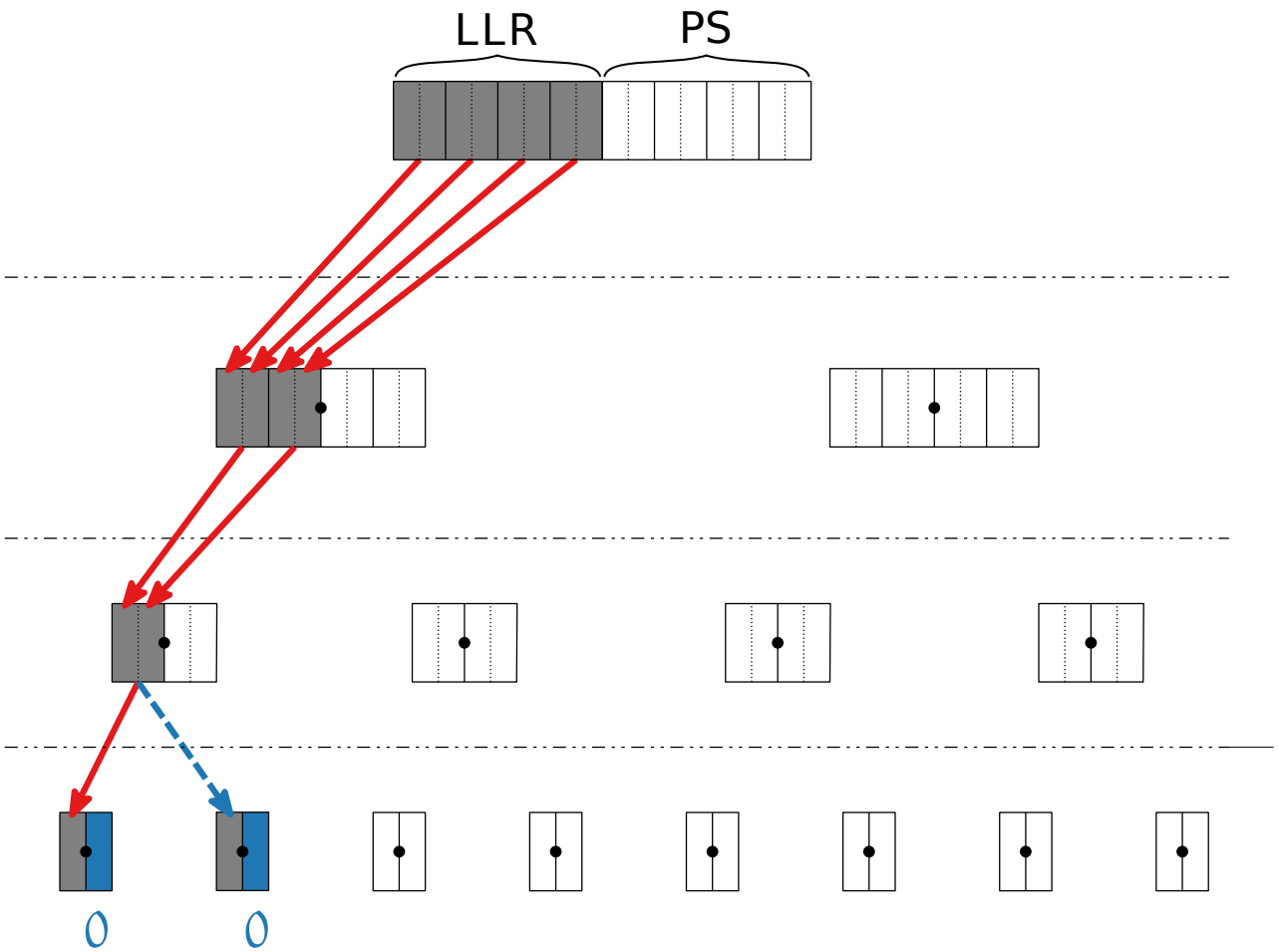
Algorithme de décodage SC



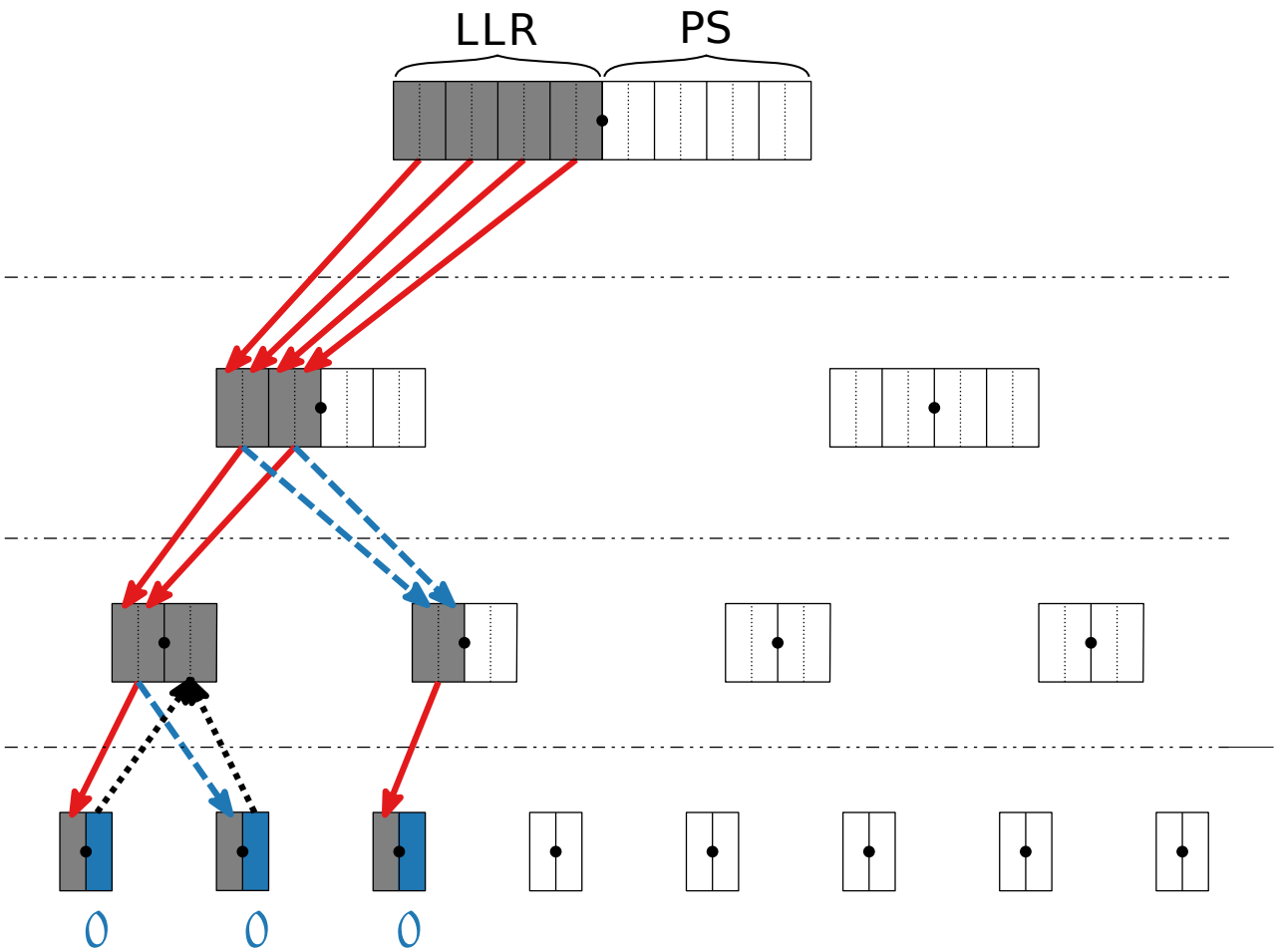
Algorithme de décodage SC



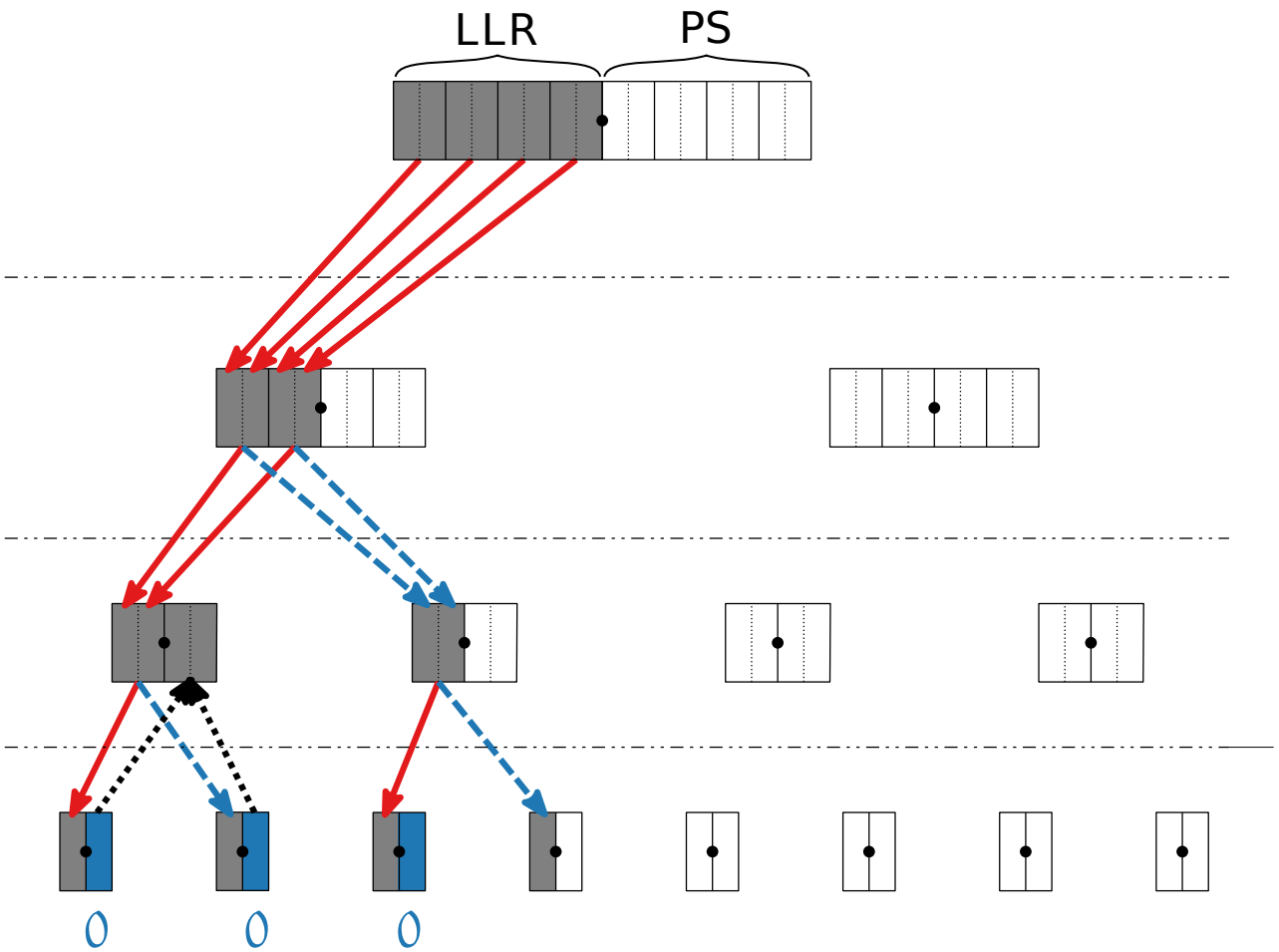
Algorithme de décodage SC



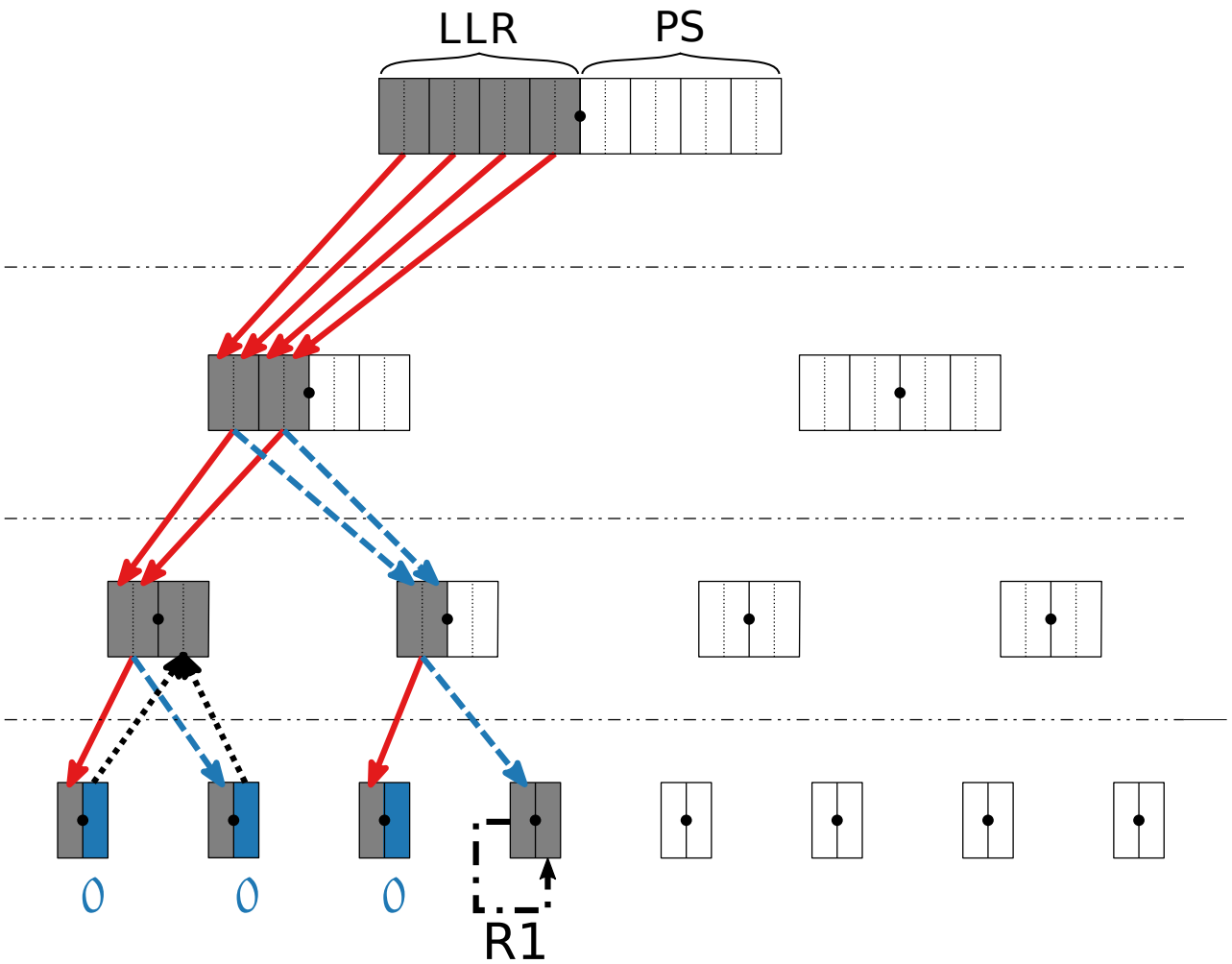
Algorithme de décodage SC



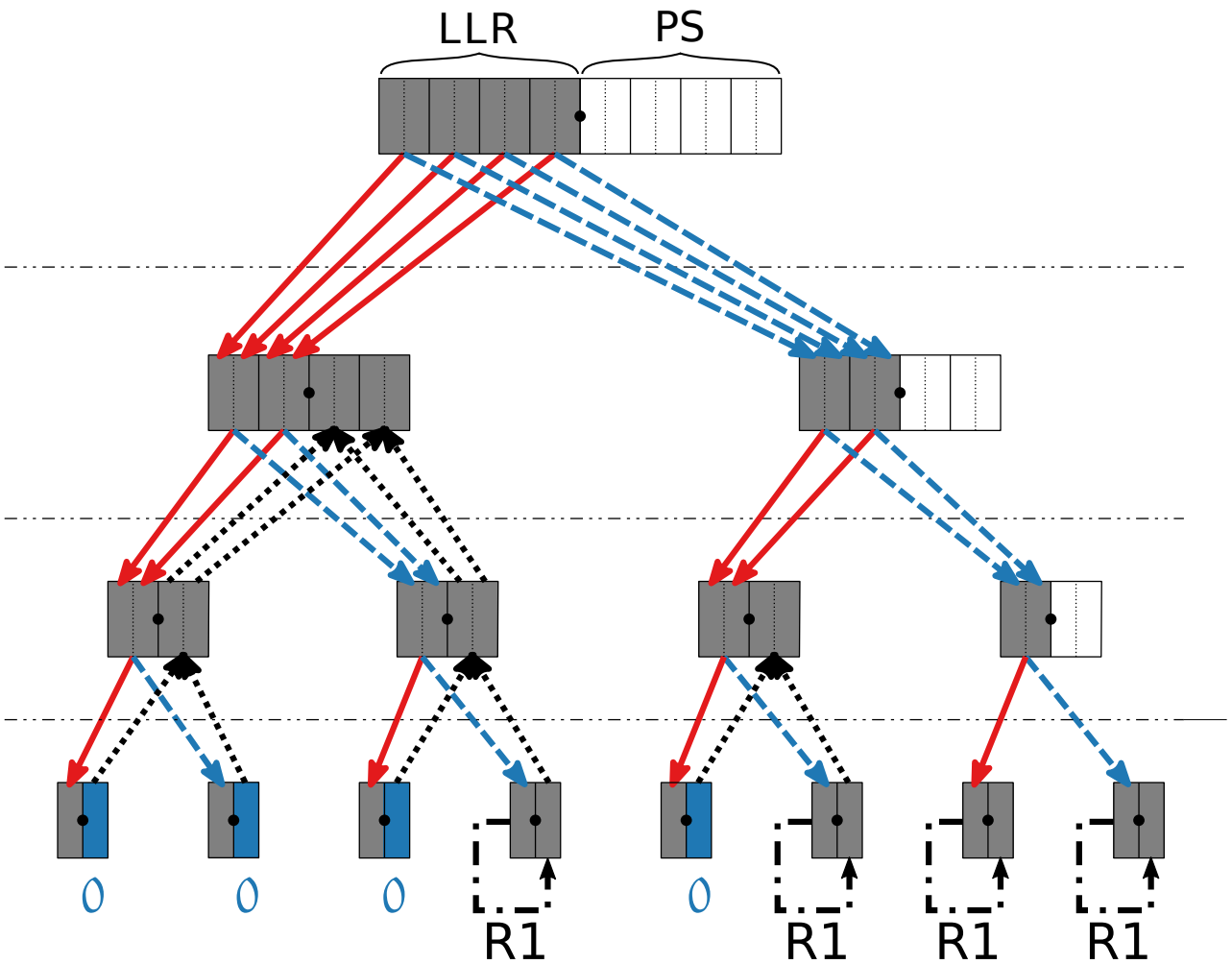
Algorithme de décodage SC



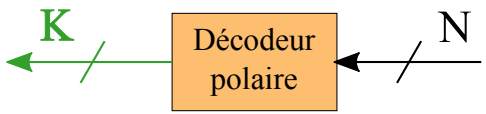
Algorithme de décodage SC

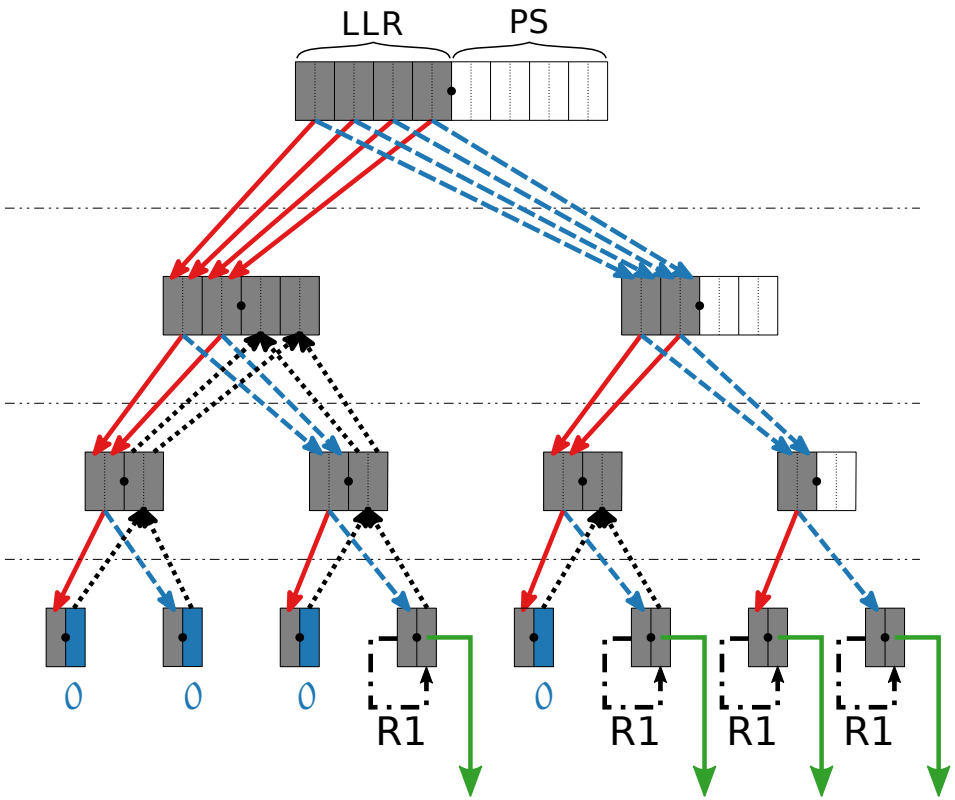


Algorithme de décodage SC

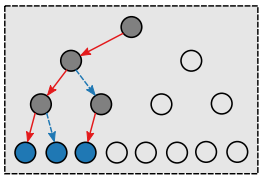


Algorithme de décodage SC

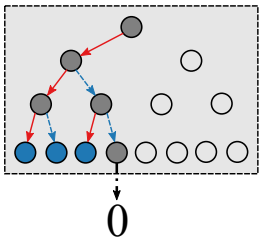




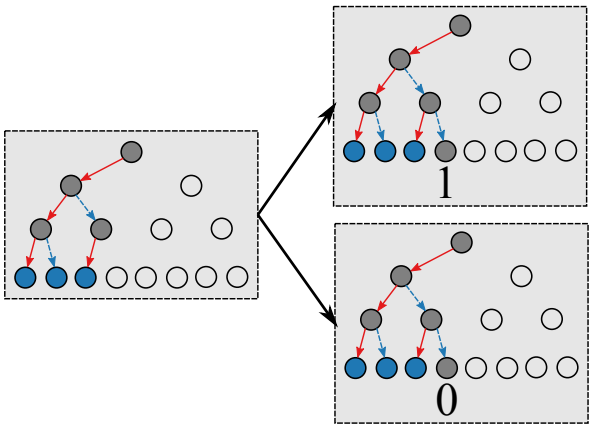
Algorithme de décodage SCL



Algorithme de décodage SCL

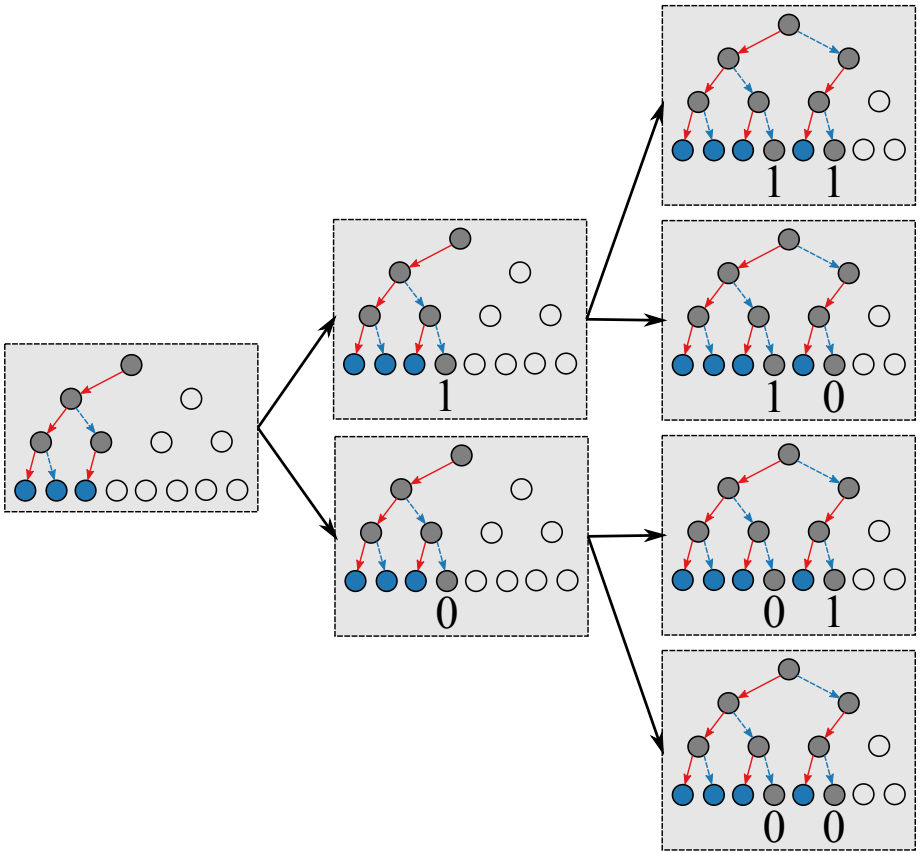


Algorithme de décodage SCL



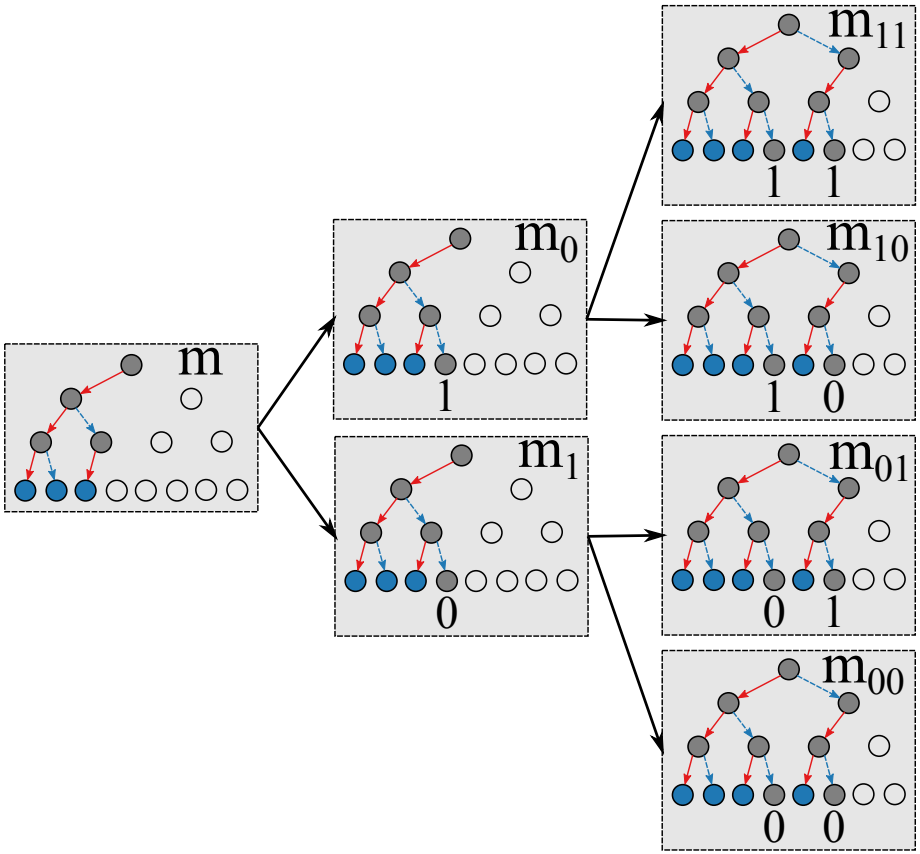
- Pas de décision dure

Algorithme de décodage SCL



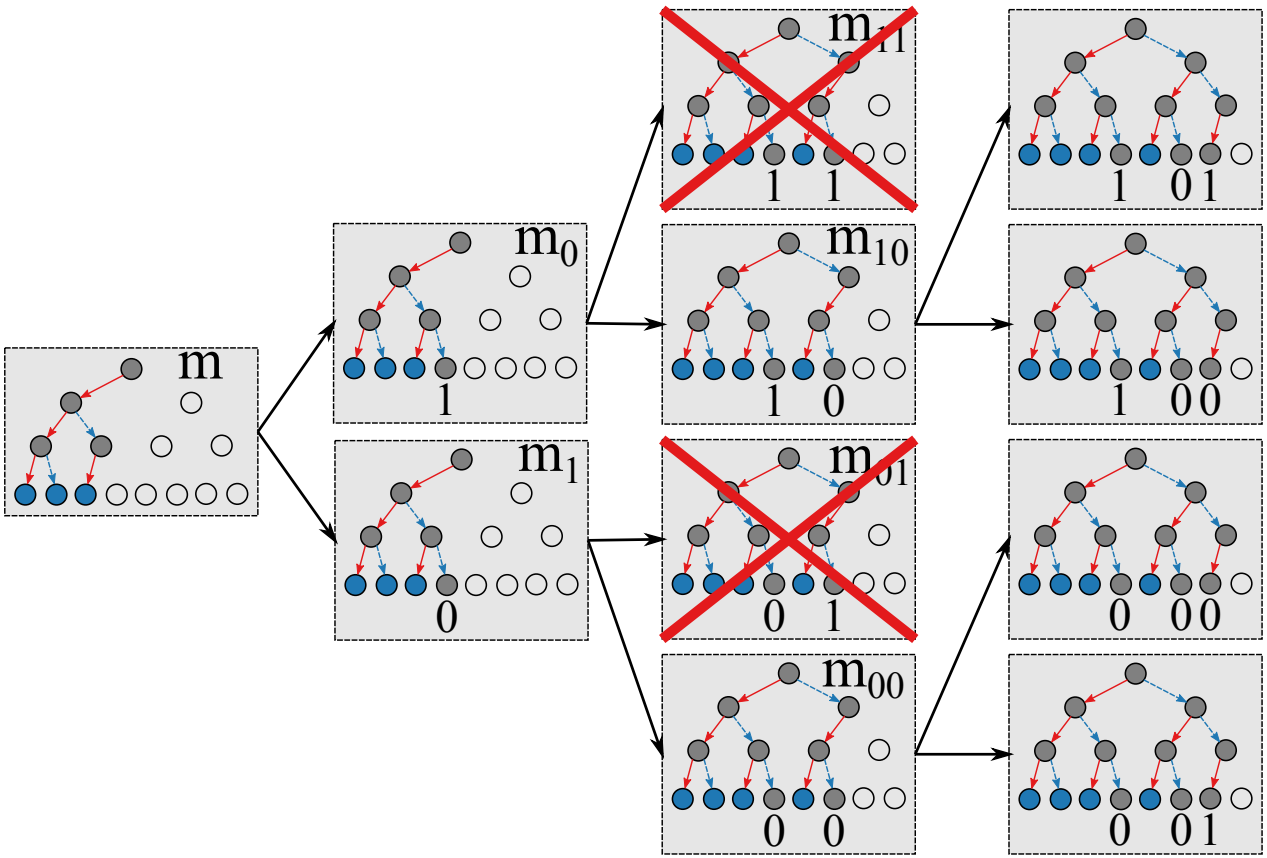
- Pas de décision dure
- Duplication des chemins

Algorithme de décodage SCL



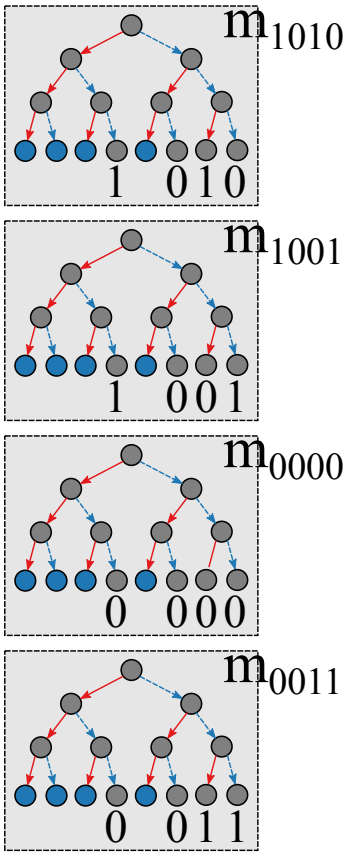
- Pas de décision dure
- Duplication des chemins
- Métrique de chemins

Algorithme de décodage SCL



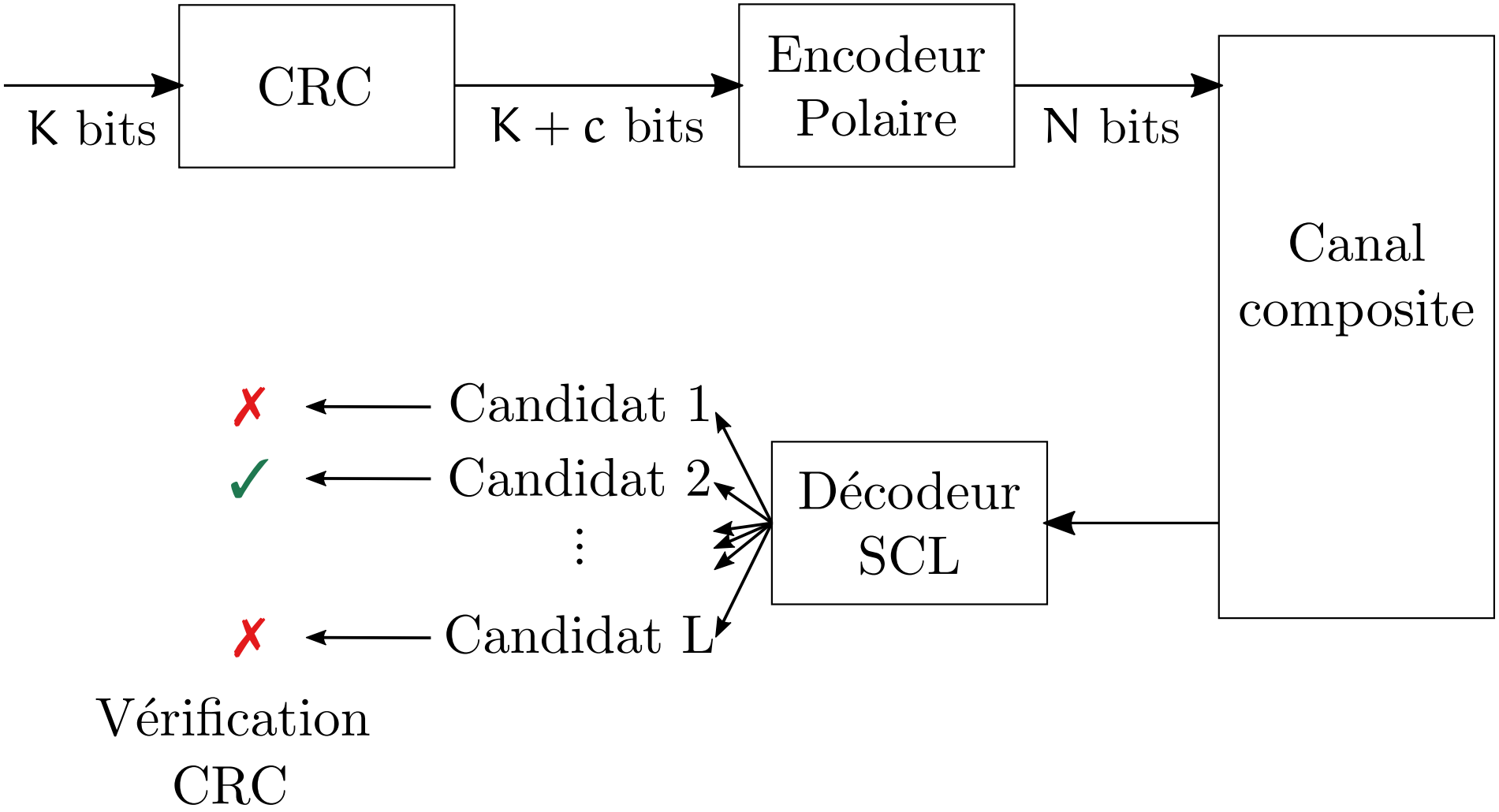
- Pas de décision dure
- Duplication des chemins
- Métrique de chemins
- Tri des métrique & élimination

Algorithme de décodage SCL



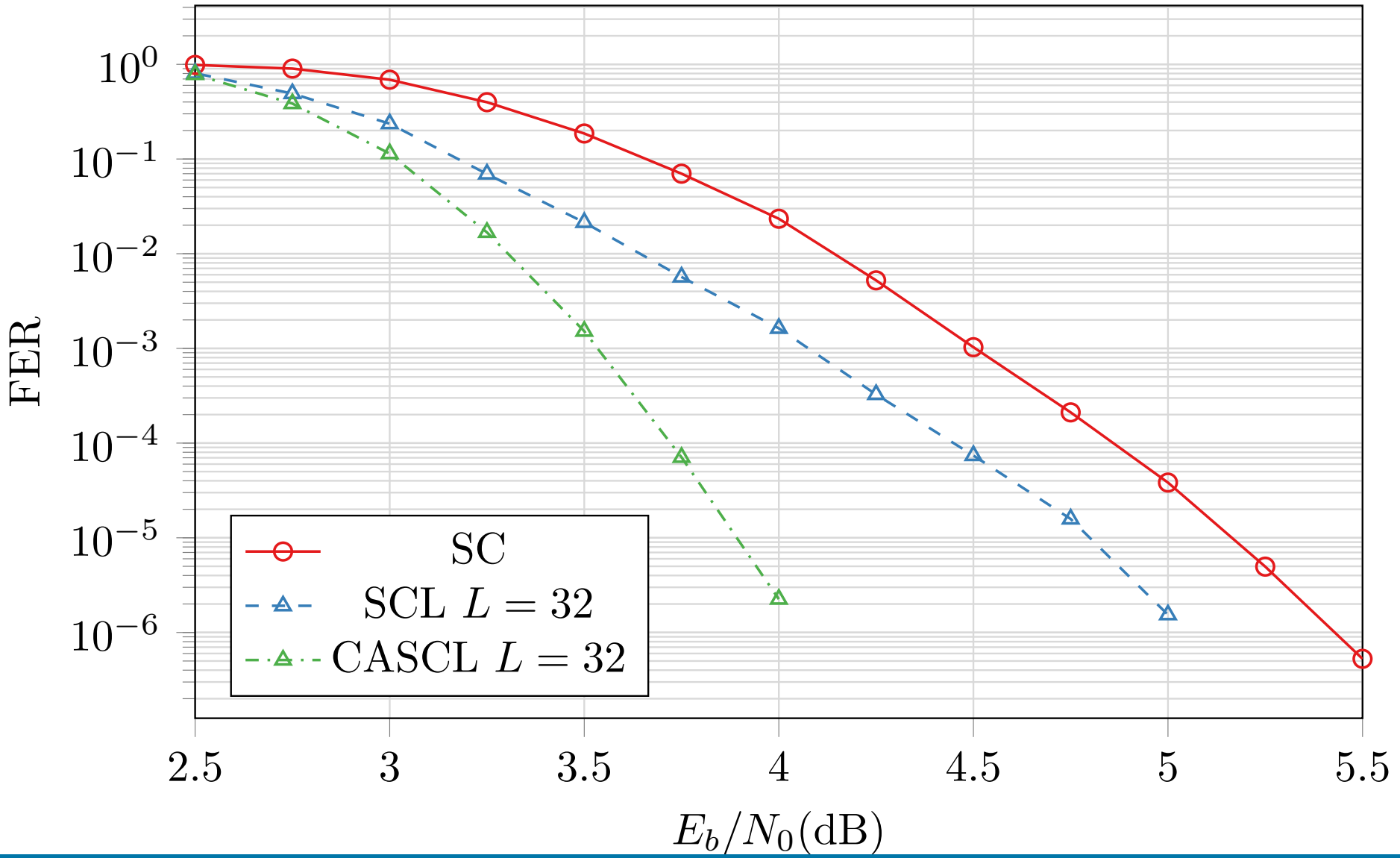
- Pas de décision dure
- Duplication des chemins
- Métrique de chemins
- Tri des métrique & élimination
- Mot de code décodé

Algorithme de décodage CASCL

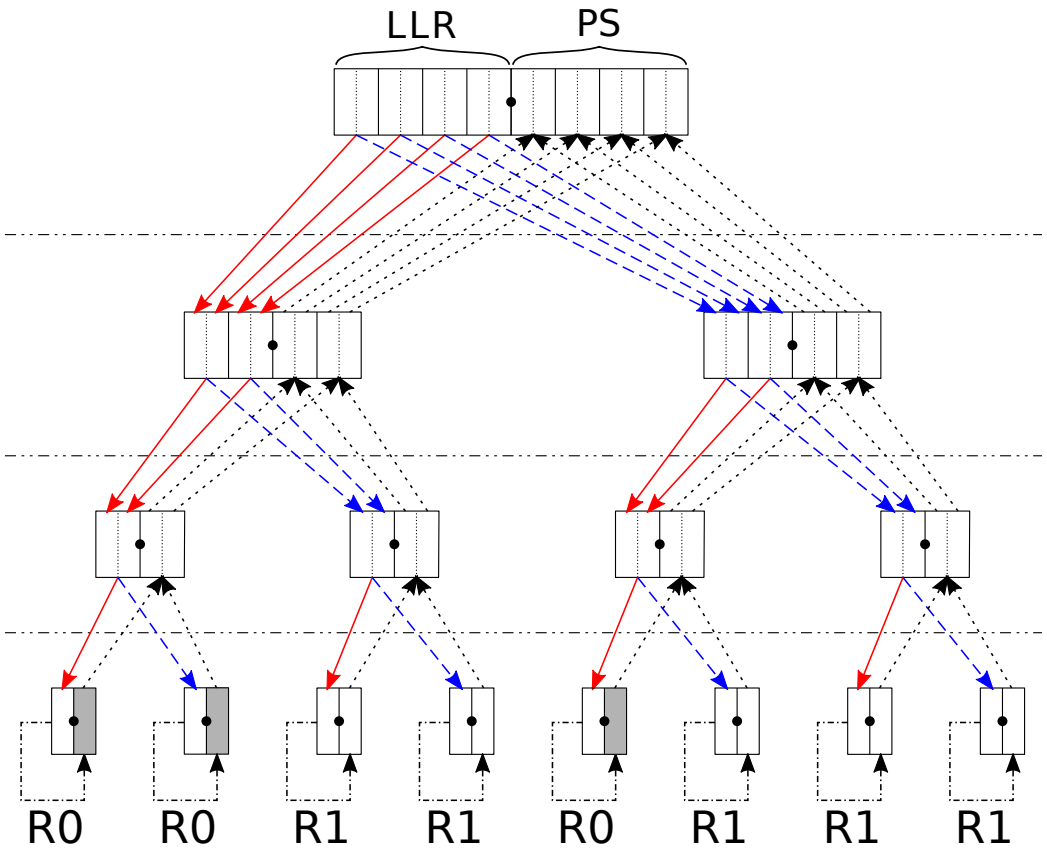


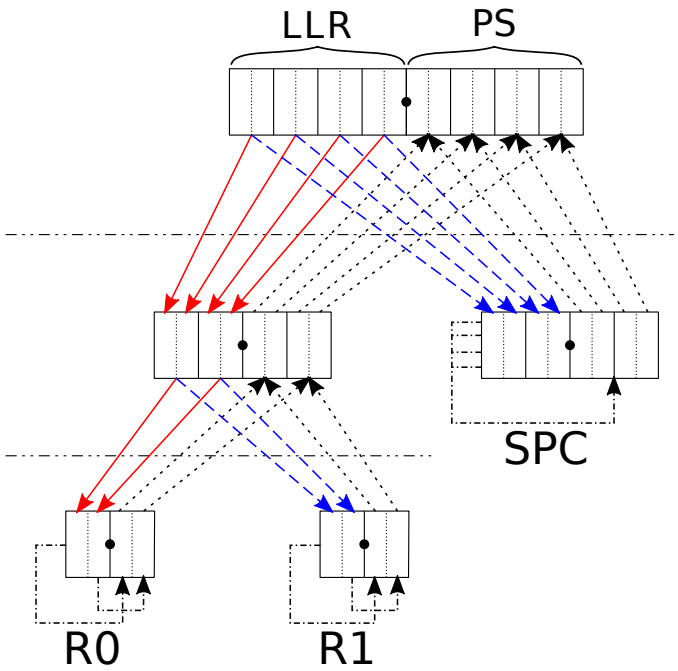
- Distance faible des codes polaires

Performances de décodage



Élagage de l'arbre





Algorithmes de décodage

Algorithme de décodage	Performances BER & FER	Débit	Latence Maximum
SC	faibles	haut	faible
SCL	moyennes	bas	moyenne
CASCL	élevées	bas	moyenne
Adaptive-SCL	élevées	haut	forte

Résumé

- Chaîne de communications
- Role des codes correcteurs d'erreurs
- Codes polaires
- Algorithme de décodage SC
- Algorithme de décodage SCL (et CASCL)
- Compromis entre performances de décodage, débit et latence