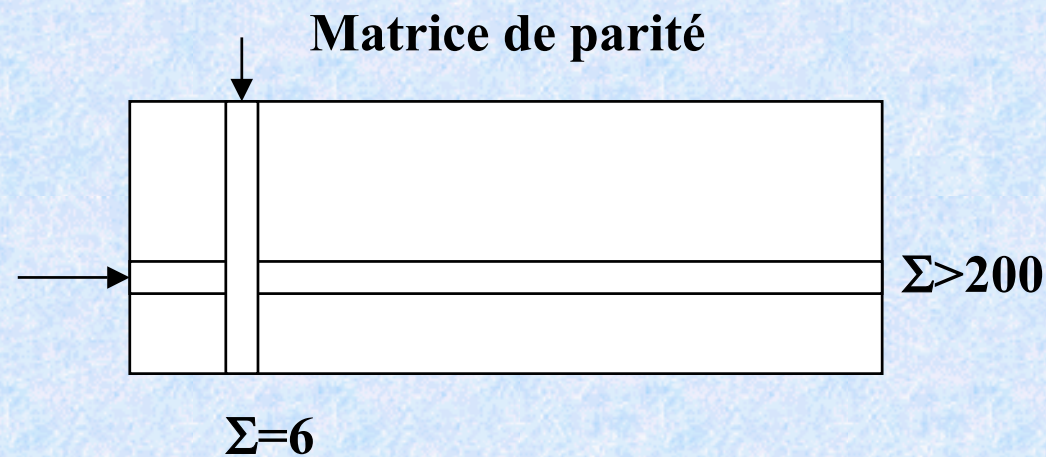


Médium Parity Check Code

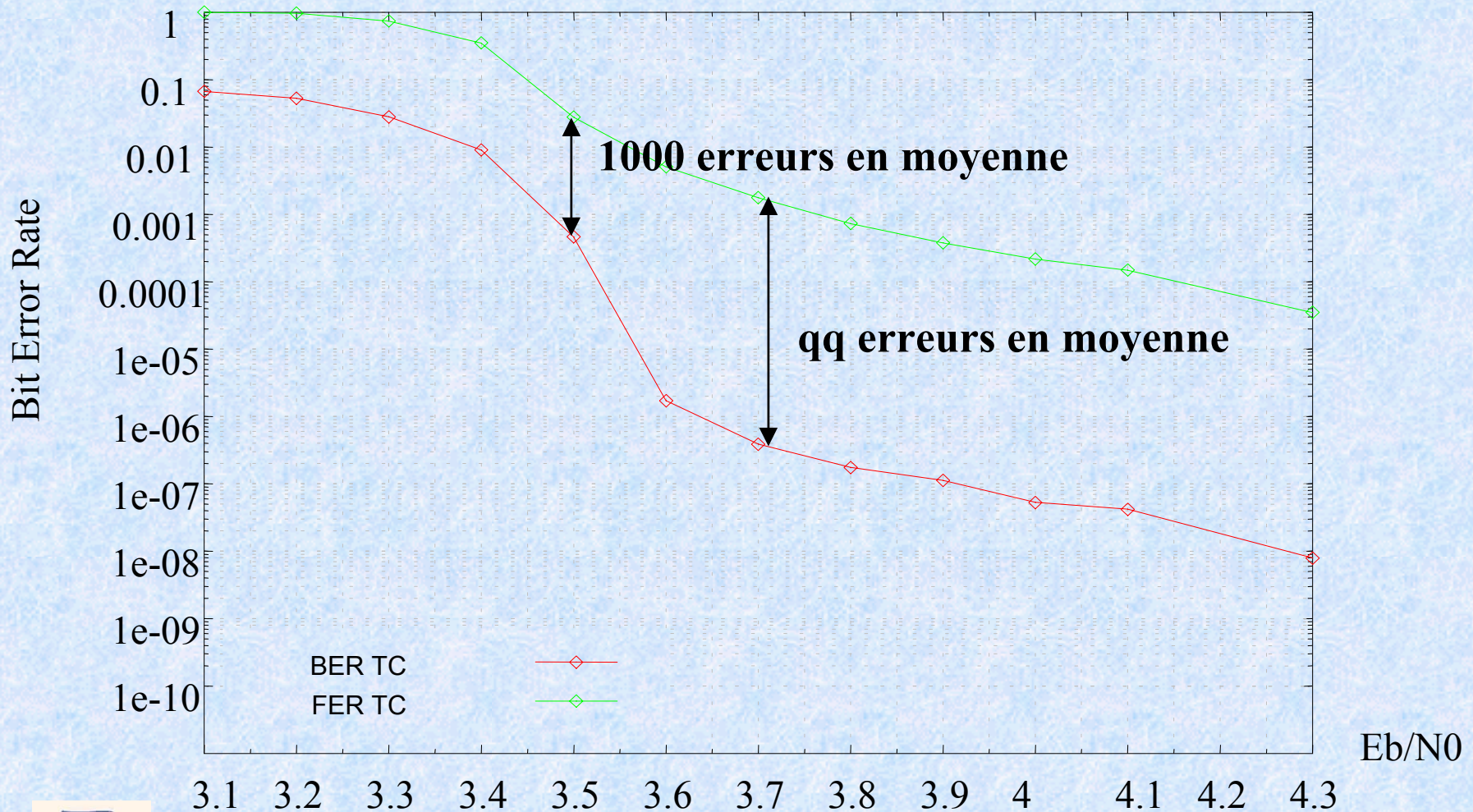


Emmanuel Boutillon
Journée LDPC, GDR-ISIS
19 décembre 2002

PLAN

- ① Performances des TC
- ② Concaténation RS-Turbo-Code
- ③ Principe des MDPC
- ④ Algorithme de décodage
- ⑤ Résultat de simulation Système de transmission

Performances TC à fort rendement



Idée : ajout d'un code externe

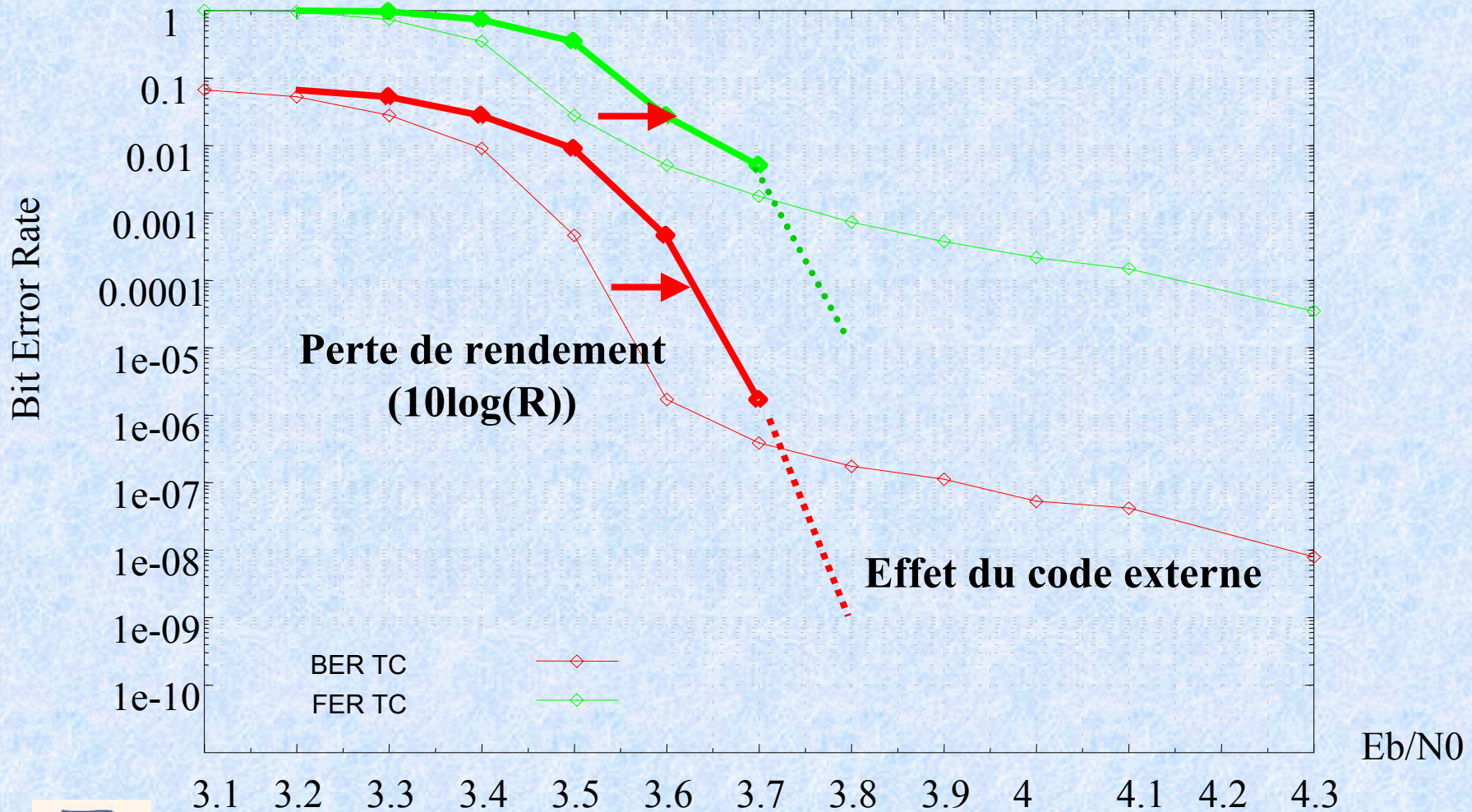
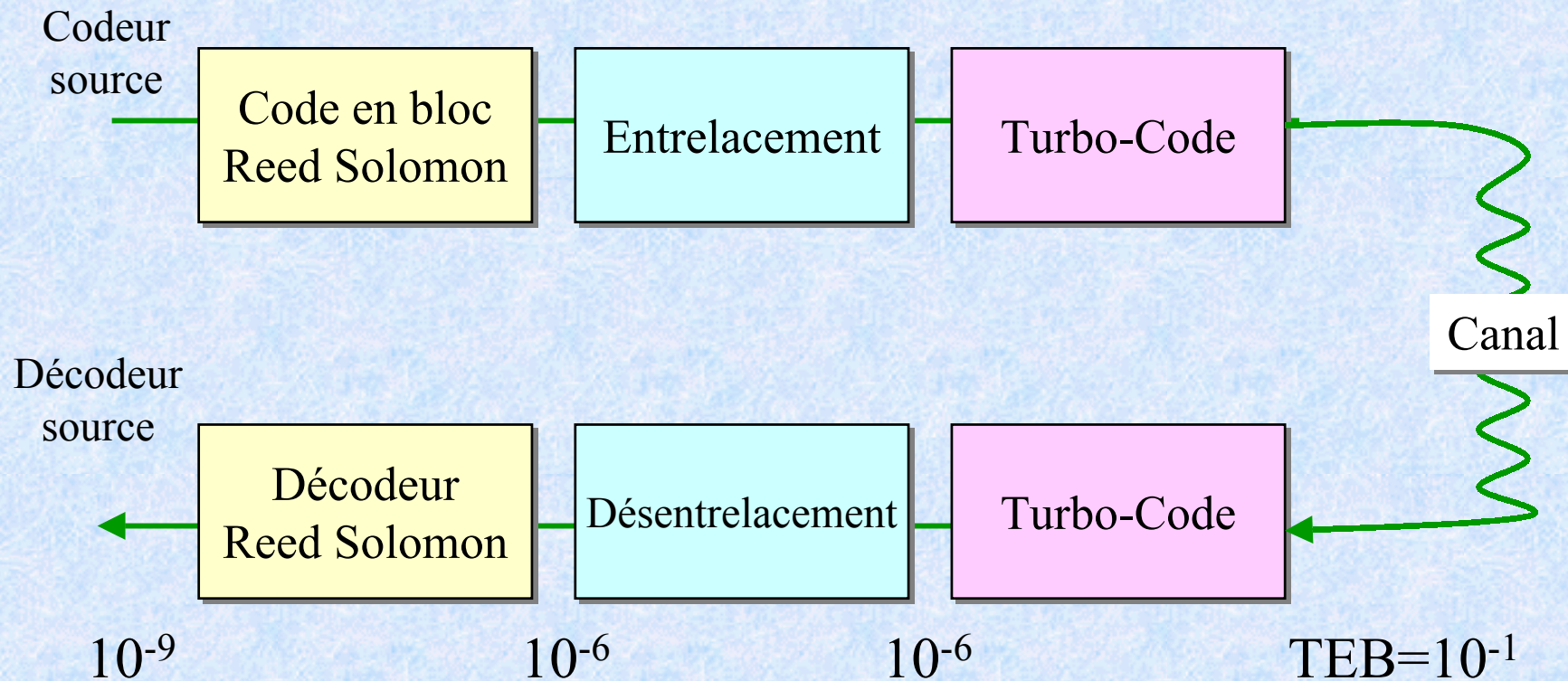
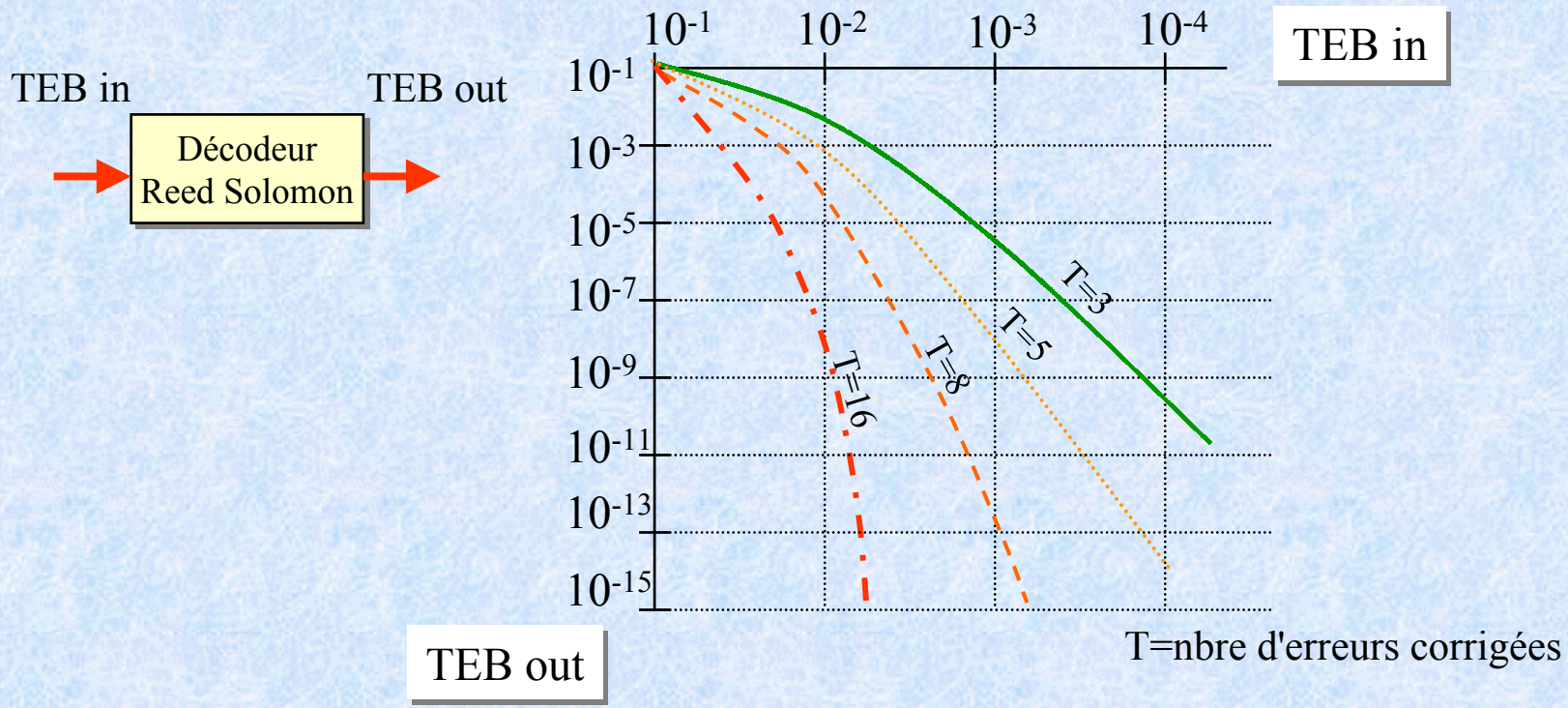


Schéma classique de codage canal

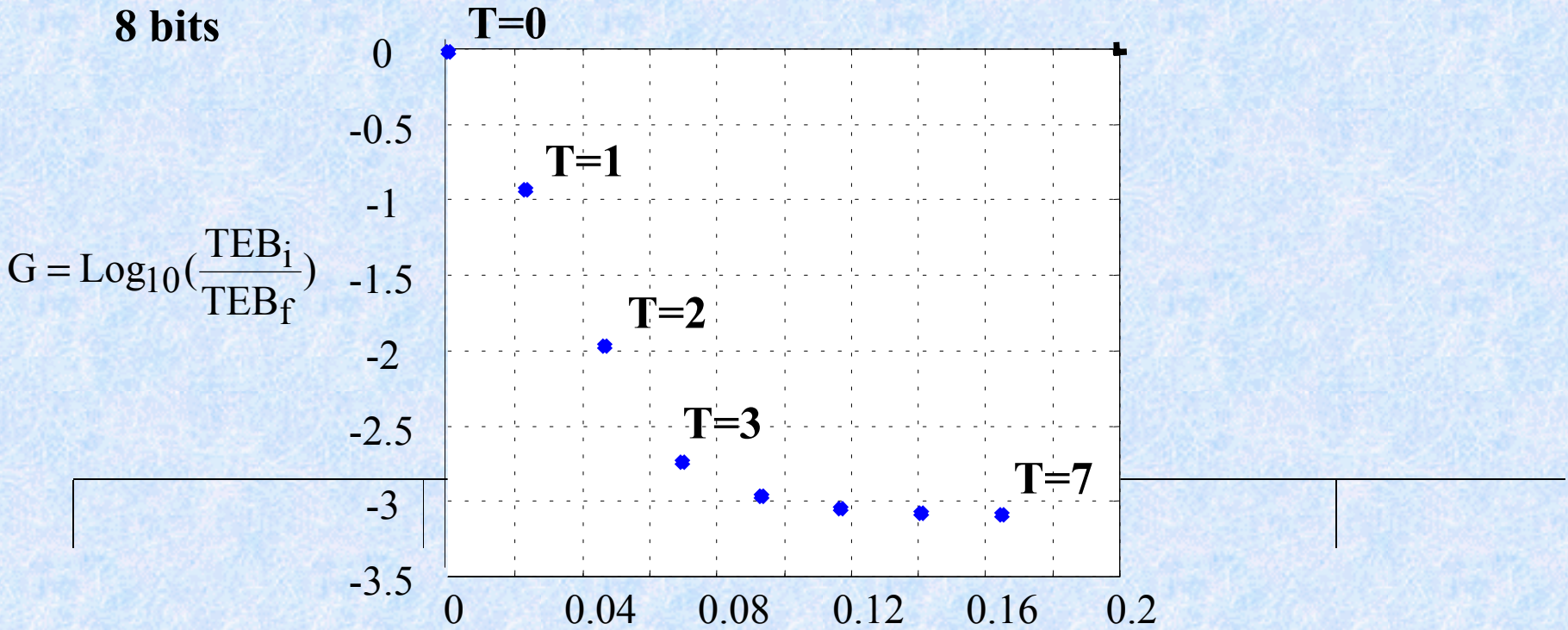
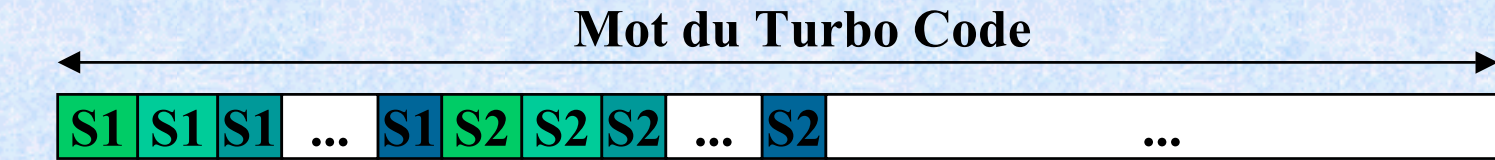


Intérêt du Reed-Solomon



Très bonne performances pour TEB entrée moyen
 => Complémentarité avec le décodeur TC

Résultats avec RS sur GF(256)



Problème du RS

Code à décisions dures :

- l'information souple en sortie du TC non exploitée

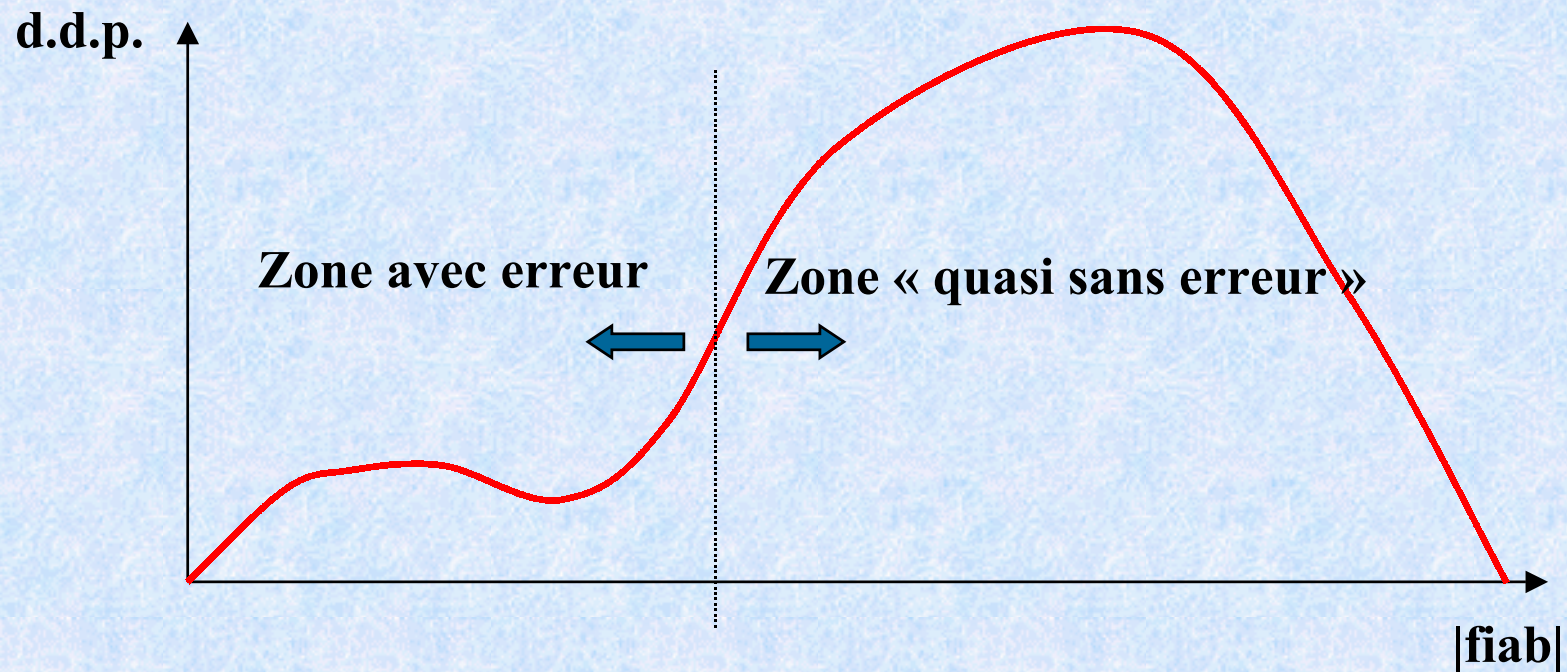
Les erreurs sont moins regroupées que pour le décodeur de Viterbi.

Très sensible à la configuration des erreurs.

Exemple : Pour un RS $T=4$, décodage incorrect avec 5 erreurs se trouvant dans 5 symboles différents du même mots RS.

Solution : recherche d'autres codes externes.

Constat n°1 : d.d.p. versus TEB

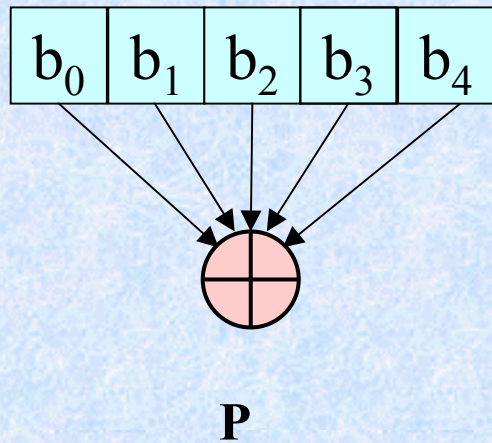


Partition des bits reçus :

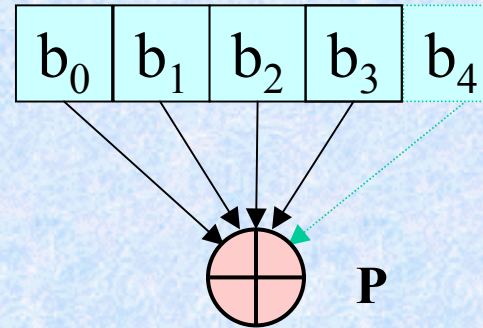
- zone majoritaire « quasi sans erreur »
- zone minoritaire avec erreur

Constat n°2

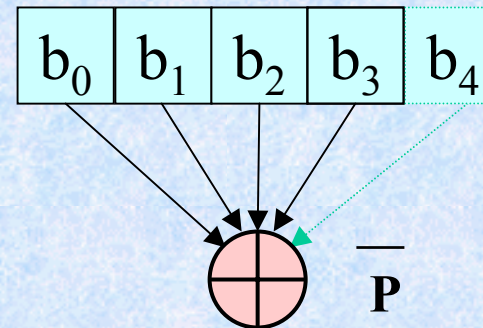
Si $|b_4| \gg |b_i|, i=0,1,2,3$



$b_4=0$



$b_4=1$



Généralisation : les bits de grandes fiabilités peuvent-être supprimés

Idée de MDPC

Code externe :

- LDPC avec qq centaines de bits par parité (\Rightarrow Medium DPC)
- très fort rendement (autour de 0,98).

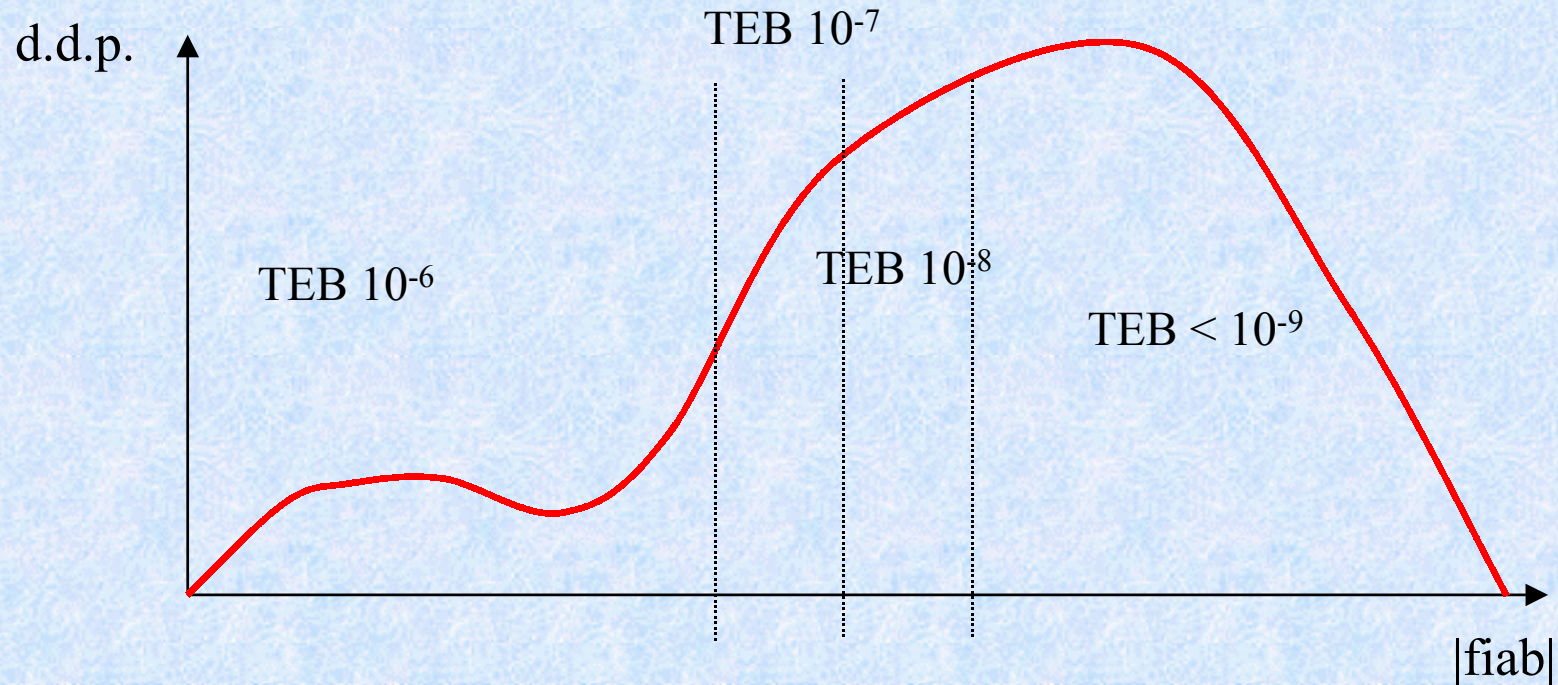
En sortie du Turbo-Code, la majorité des bits ont une forte fiabilité
 \Rightarrow Ils peuvent être supprimés du code MDPC

Après suppression des bits faibles du code MDPC :

- \Rightarrow Le code est redevenu LDPC
- \Rightarrow Le rendement du code est fort

Le décodage devient efficace...

En pratique



Si le TEB final visé est faible, le seuil de discrimination ne permet de supprimer efficacement que 50 % des bits :

=> pas avantageux d'introduire de l'irrégularité dans le décodeur.

Le code MDPC est décodé tel que.

Méthode d'évaluation

Problème : Simulation MDPC+TC trop longue

1 000 trames fausses => 1 000 000 de trames simulées

Mais : a) les codes TC et MDPC sont linéaires

b) Le mot « tout à 0 » est un mot de code MDPC

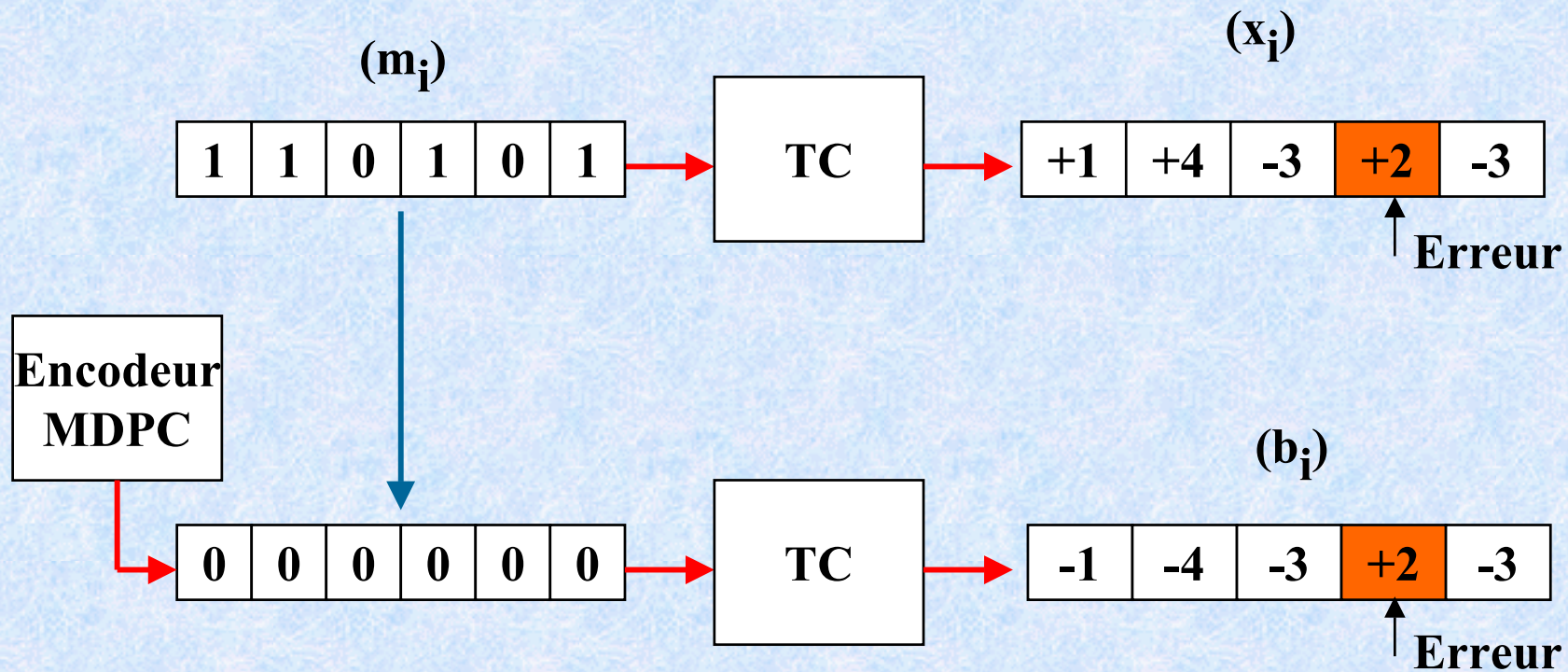
Méthode : Simulation de 10 000 trames fausses

Remplacer le mot d'entrée par le mot « tout à zéro »

Génération de la sortie « équivalente » du TC pour le mot « tout à zéro ».

Exemple

Simulation :

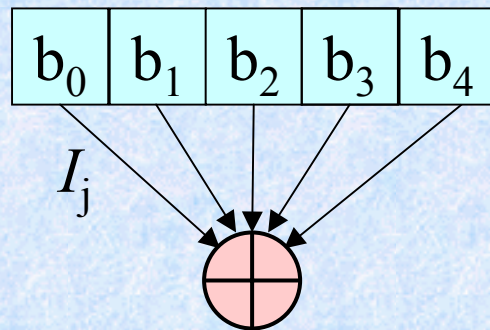


Le mot $(b_j)_{j=1..N}$, est appliqué au décodeur MDPC.

Algorithme de décodage

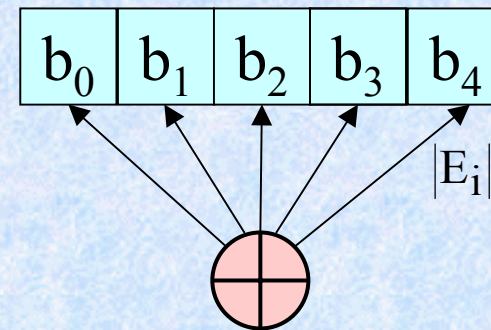
Le calcul exact du LLR : trop complexe + problème de précision.

=> Solution « sub-log-map » testée.



$\mathbf{I} =$

4	3	-5	2	3
---	---	----	---	---



$|\mathbf{E}| =$

2	2	2	3	2
---	---	---	---	---

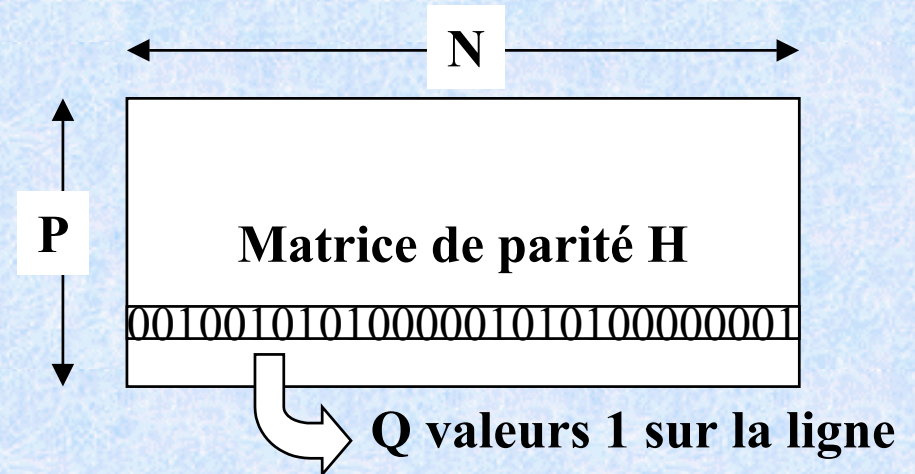
Le reste est classique...

Définitions

N est le nombre de bits du code

P est le nombre de parités

Q est le nombre de bits par parité



$F(b_i)$: ensemble des parités connectées au bit b_i

$\text{Card}(E)$: cardinal de l'ensemble E

$G(P_i)$: ensemble des bits connectés à la parité P_i .

Création de la matrice MDPC

Les matrices purement aléatoires ont une caractéristique (snr, G) proche du décodeur RS.

=> Optimisation de la matrice

1) MDPC régulier :

Construire H tel que $\text{Card}(F(b_i)) = C$, pour tout i
(tous les bits sont également protégés)

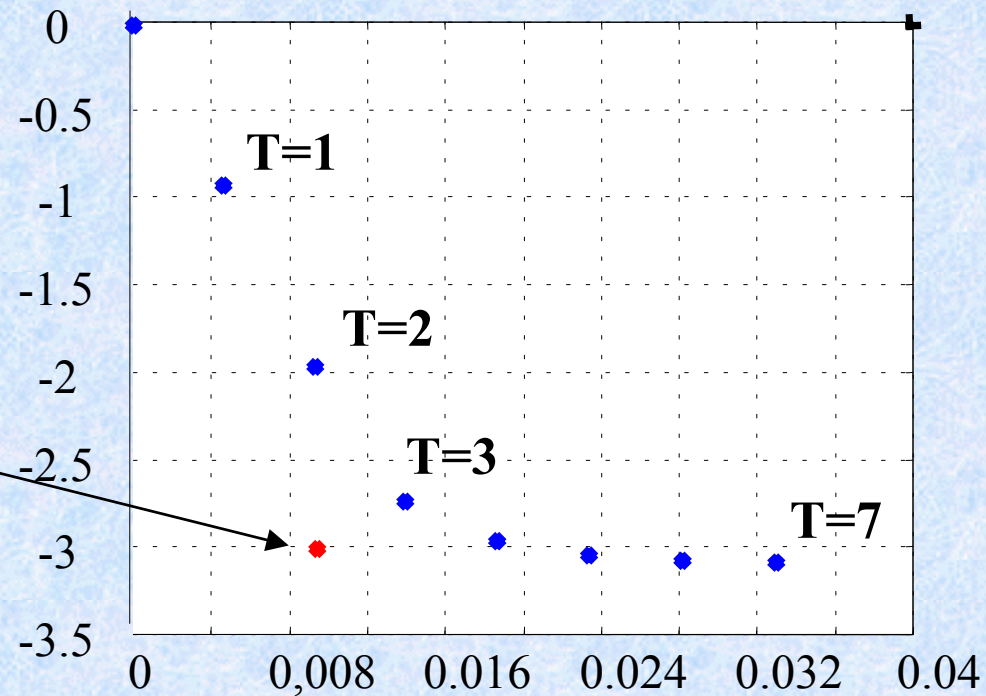
2) MDPC régulier contraint

Construire H tel que : $\forall i \neq j \quad \text{Card}(G(P_i) \cap G(P_j)) \leq \text{Max}$

avec la valeur de Max déterminée de façon « empirique ».

Premiers résultats (MDPC régulier)

P = 320
Q = 300
10 itérations
de décodage.



Les performances sont augmentées d'une décade pour un même SNR

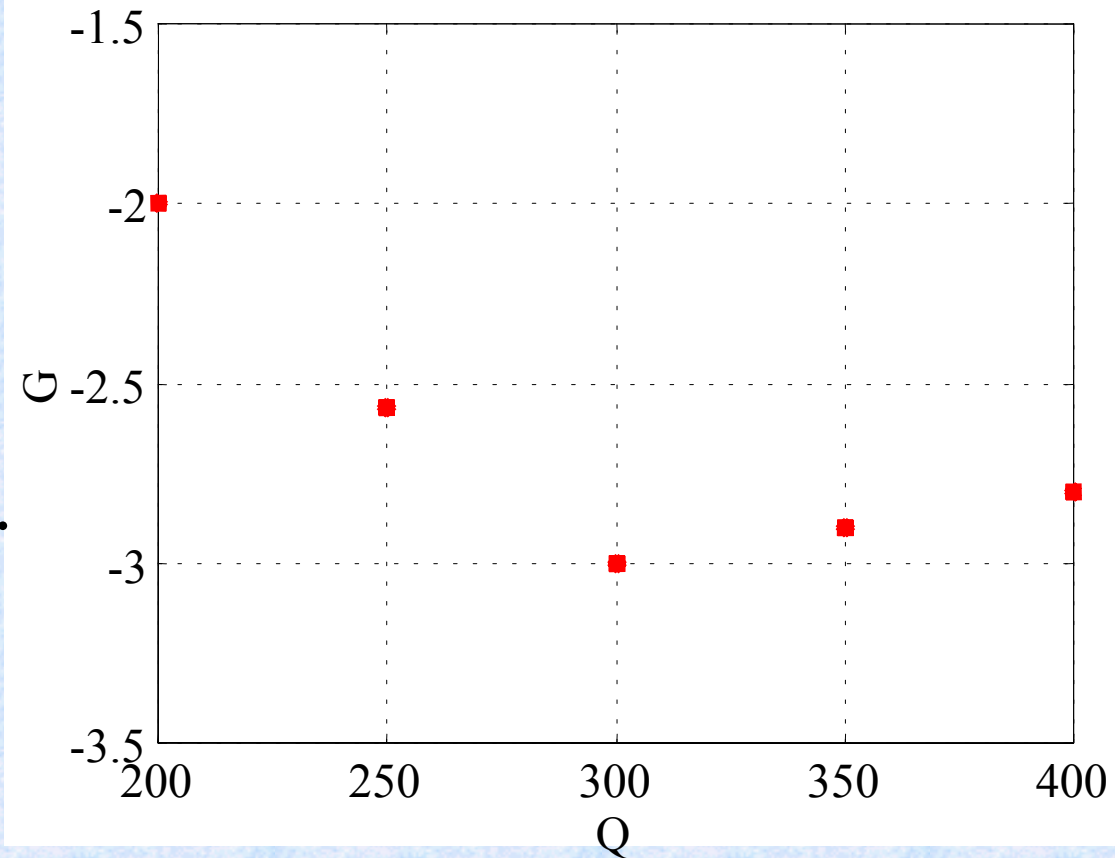
Spectre d'erreur : P=320, Q=300

Nberr	init	non_corr.				
0	0	0		13	99	1
1	268	0		14	70	0
2	8796	0		15	47	0
3	3995	0		16	40	0
4	5055	0		17	16	2
5	3328	0		18	11	1
6	3400	1		19	6	0
7	1049	1		20	15	1
8	781	0		21	7	0
9	547	0		22	6	0
10	311	0		23	10	3
11	203	0		24	2	1
12	132	1		25	4	2
				26	1	1
				+26	13	13

Sensibilité à Q

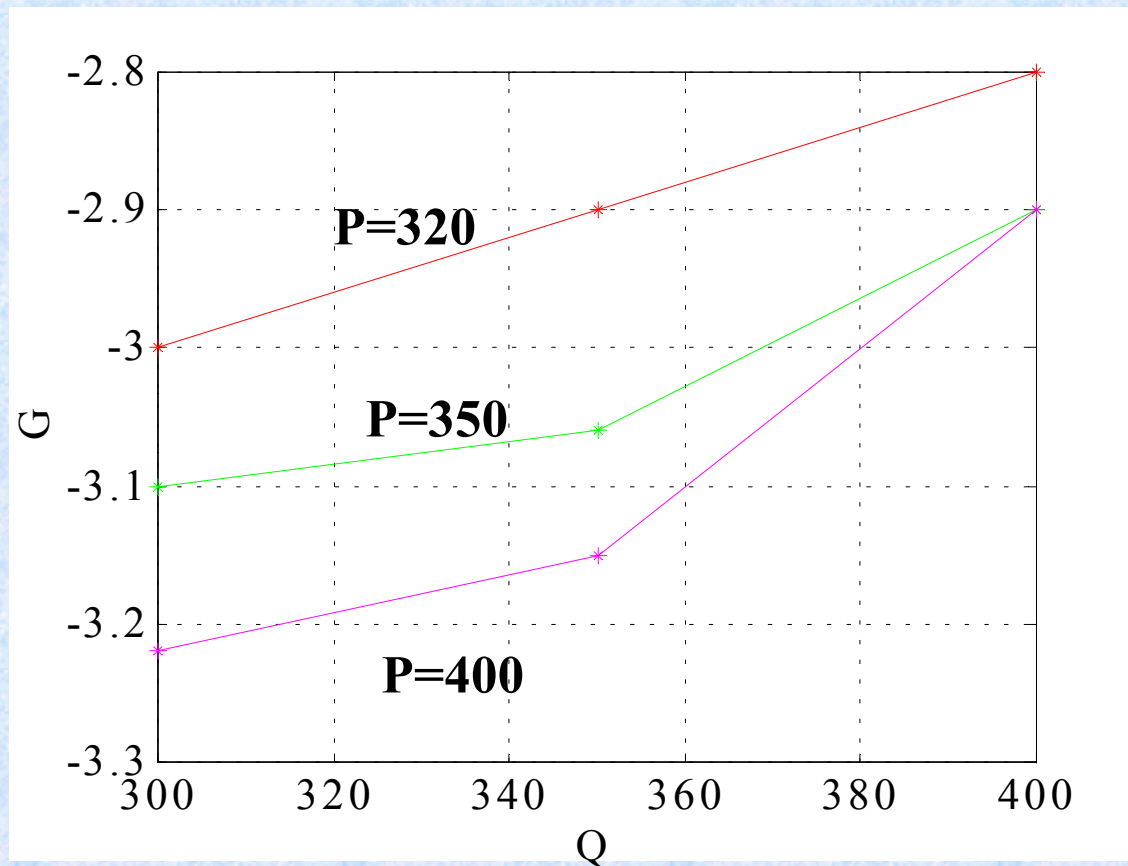
P = 320

**10 itérations
de décodage.**



Il existe une valeur optimale de Q

Sensibilité au paramètre P



La valeur optimale de Q dépend de P.

Sensibilité au nombre d'itérations

Résultat pour $P=320$, $Q=300$,

Nb ité.	10	20	100
Gain	-3	-3,12	-3.15

10 itérations sont suffisantes pour obtenir l'essentiel du gain

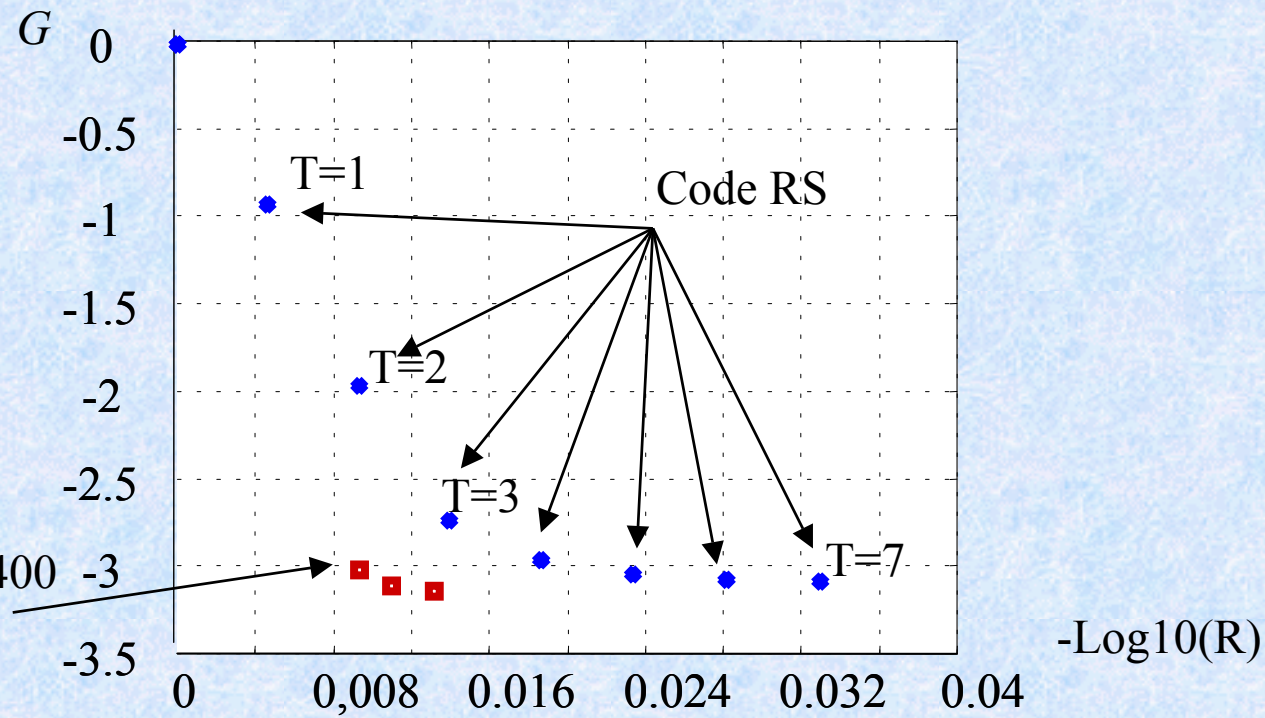
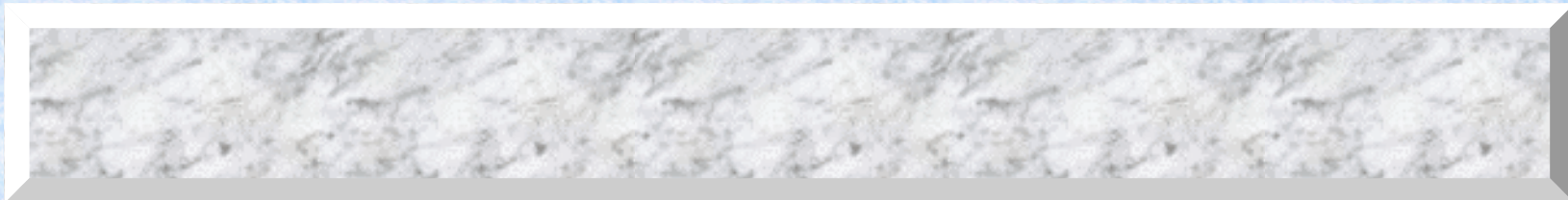
Conclusion et perspectives

Premiers résultats encourageants obtenus sur les MDPC :

Performances identiques à celle du RS pour deux fois moins de redondance.

Reste à étudier la construction des matrices :

- > Matrice MDPC régulière contrainte (meilleurs résultats)
- > Encodage des matrices
(bons résultats avec MDPC systématique)
- > Architecture de décodage...
- > Code MDPC sur GF(4) pour turbo-code duo-binaire



Code MDPC
 P = 320, 350 et 400
 Q = 300
 10 itérations