

Optimisation des communications dans des turbo-décodeurs haut-débits

Réunion GDR-ISIS 14/01/2010

David Gnaedig



Plan

- ❖ Besoins en décodage haut-débits de turbo-code
- ❖ Problématique du décodage haut-débit.
- ❖ Network-on-Chip
- ❖ Critère urgence
- ❖ Critère d'importance.
- ❖ Conclusions & perspectives



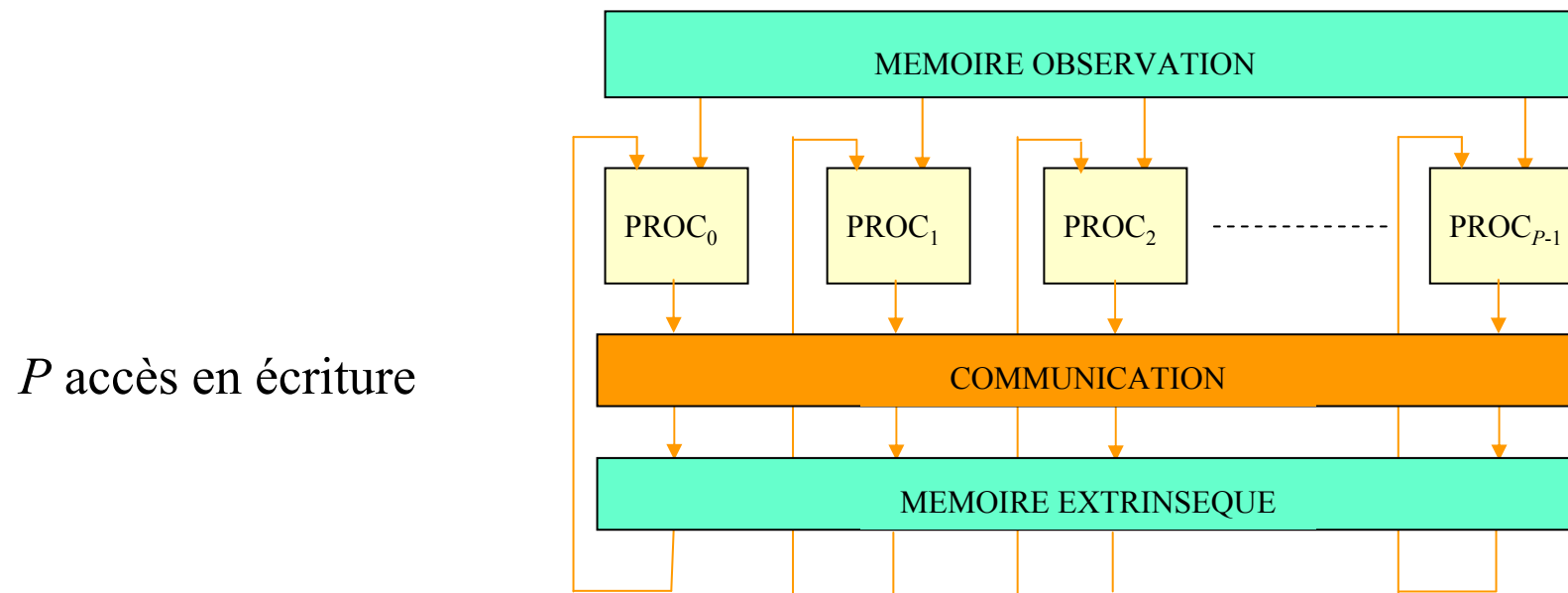
Turbo-codes et standards

standards	Famille turbo code	Débits typiques actuels (bits/s)	Débits typique futurs (bits/s)
DVB-RCS	Code identique WiMAX	2-20 M	
CCSDS	TC binaire 16 etats 1/6 / entrelaceur random	1M	
3GPP (HSPA+)	TC binaire 8 etats 1/3 / Entrelaceur complexe basé sur matrice rectangulaire	2 M – 10 M	42-84 M
3GPP2	TC binaire 8 etats 1/5 / Entrelaceur type ligne-colonne	2 M	100 M
WiMAX	TC double-binaire 8 etats 1/3 / Entrelaceur parallèle ARP	100 M	1G
3GPP-LTE	TC binaire 8 etats 1/3 / Entrelaceur parallèle QPP	50-300 M	1G
3GPP-UMB	Code identique 3GPP2	280 M	
Homeplug AV	TC double-binaire 8 etats 1/2 / Entrelaceur parallèle	10-50 M	600M -1G

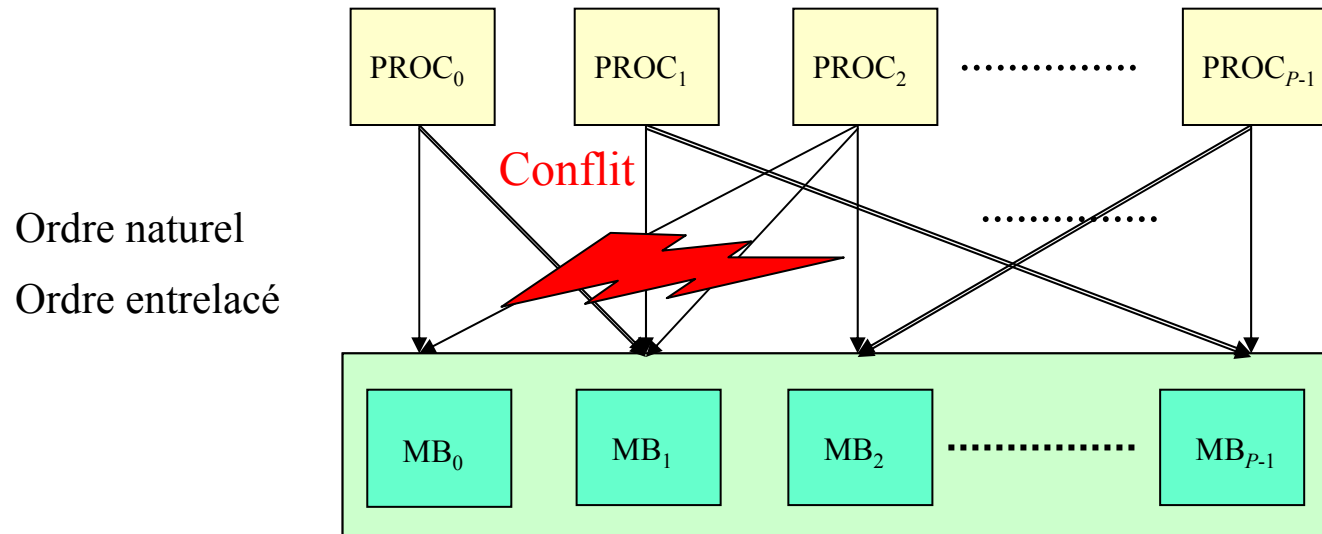


Architecture de turbo-décodage : problématique

- ❖ Architecture parallèle de décodeur haut-débit:
 - P unités de calculs effectuant un décodage parallèle du treillis
 - Unités de mémorisation permettant un stockage des informations extrinsèques
 - Moyens de communication entre les mémoires et les communications



Architecture parallèle : communications



- ❖ Division en bancs mémoires
- ❖ Problème de conflit d'accès
- ❖ Résolution de ce problème est un réel challenge



AFANA



Application-Field-Aware Adaptive NoC Architectures

dg1

- Communications et résolution des conflits par un NoC flexible
- Optimisation du NoC en fonction de l'application en utilisant des métriques internes du turbo-décodeur
 - Contraintes de l'entrelaceur et ordonnancement du décodage (urgence)
 - Contenu des données transportées (info extrinsèques) (importance)

Diapositive 6

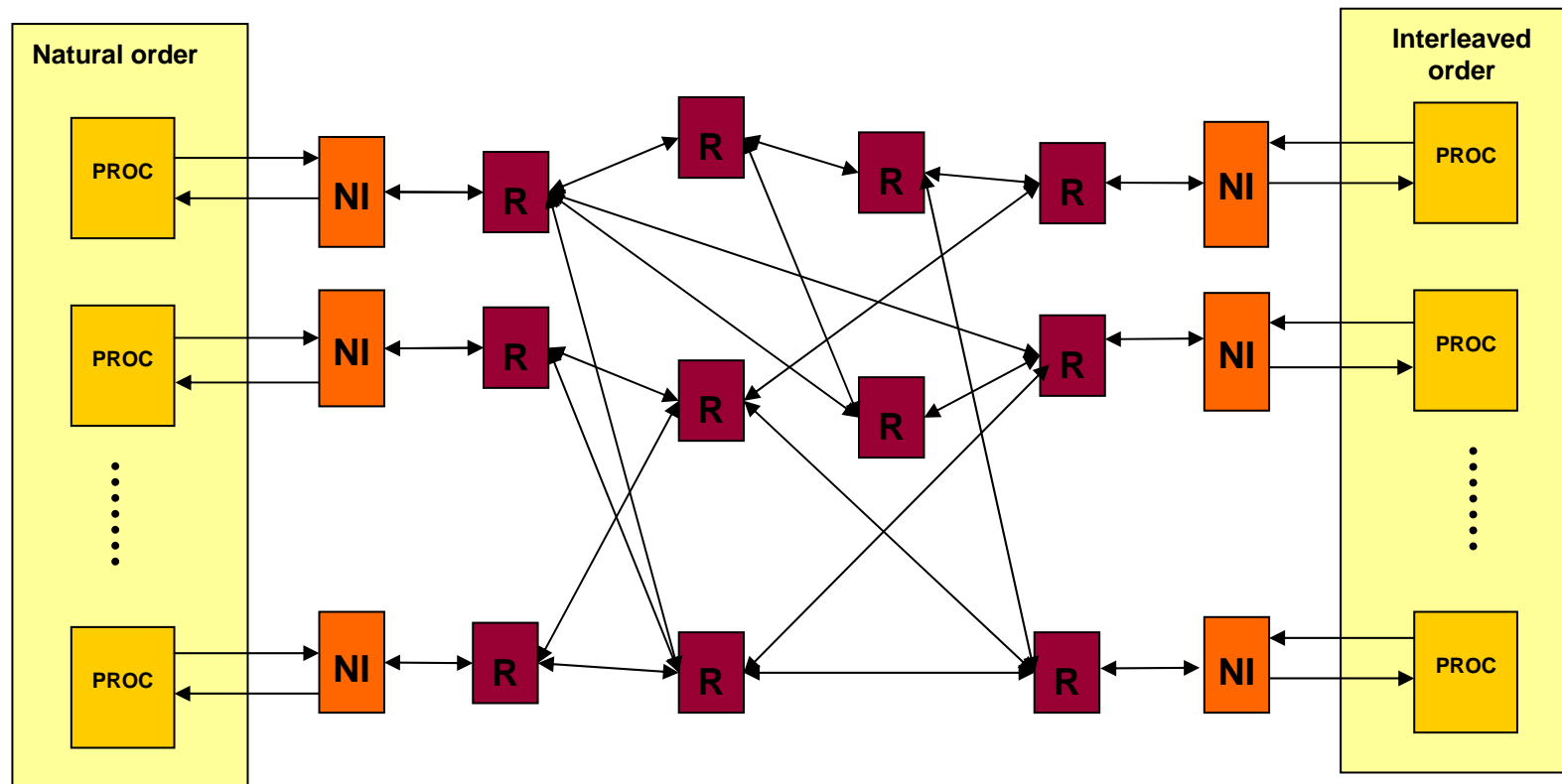
dg1

Logo

David; 10/01/2010

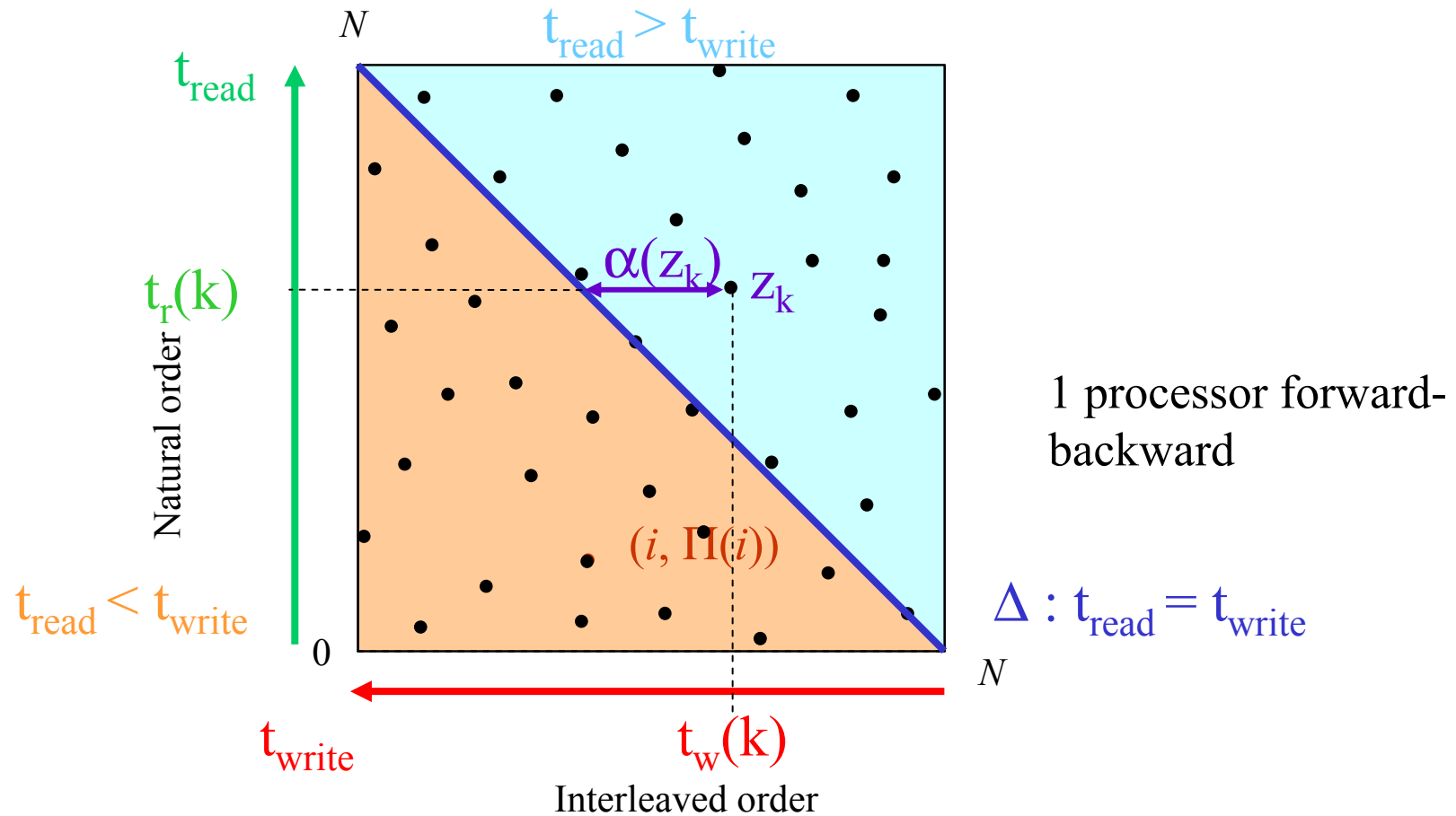
❖ Network-on-Chip

- Interface réseau (NI)
- Routeurs (R)
- Topologies appropriées (Butterfly, Benes, Bruijn)





Critère urgence : utilisation du séquençement et des contraintes de l'entrelaceur



- ❖ Association avec chaque production d'information extrinsèque z_k d'une urgence

$$\alpha(z_k) = d(z_k, \Delta)$$



Utilisation de l'urgence

❖ Utilisation de l'urgence:

- Association d'un Time-To-Live(TTL) à chaque paquet
- Initialisation du TTL à l'urgence calculée en fonction de l'entrelaceur et du séquençement de décodage.
- Décrementation du TTL lors du passage dans chaque NoC

❖ Stratégie d'optimisation du NoC

- Pour un routeur, privilégier le paquet de TTL le plus faible.
- Un paquet de $TTL = 0$ peut être jeté, car il ne sera pas utilisé par le destinataire.



Critère d'importance : utilisation du contenu

❖ Critère SRD [Muller 07]

- Critère de décision sur importance d'un paquet
- Réduction statistique (moyenne) de 20 % des communications

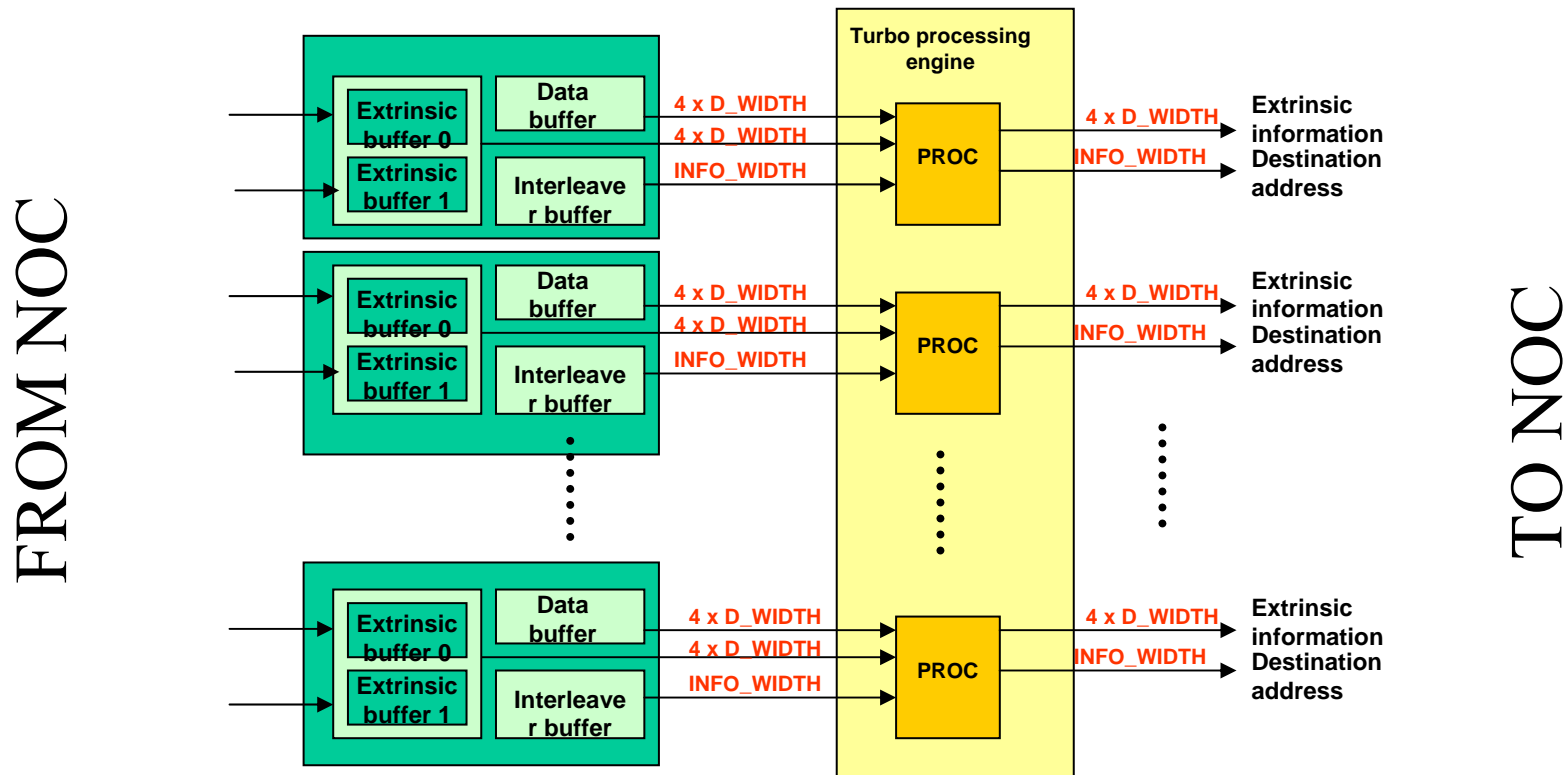
❖ Utilisation de la compression de l'information extrinsèque

- Application pour un NoC supportant un treillis binaire et un treillis duo-binaire

Processeur multi-mode

❖ Support multi-treillis

- treillis 8 états duo-binaire
- treillis 8 états binaire (radix-4)

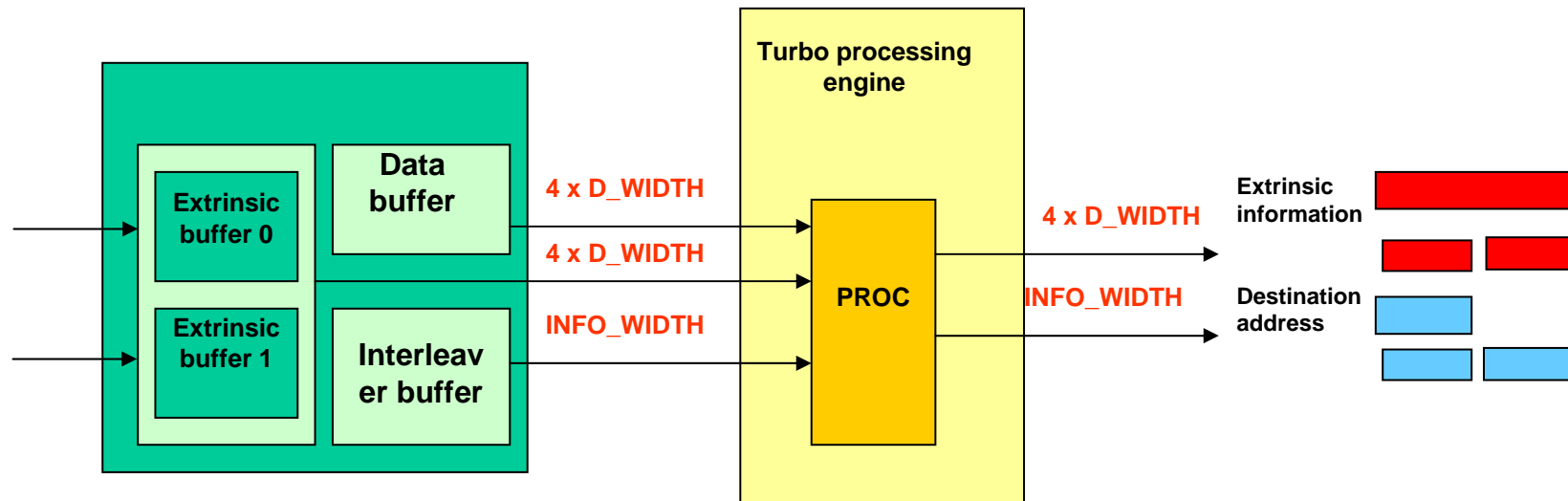




Caractéristiques du processeur flexible

❖ Trellis 8 états:

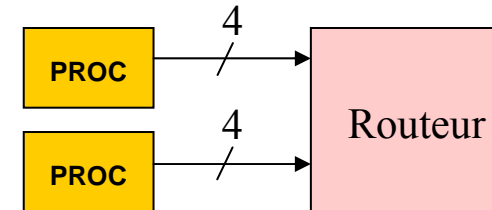
- Duo-binaire :
 - Lecture d'un symbole par cycle.
 - Ecriture d'un symbole par cycle.
 - NoC reçoit un paquet par cycle (1 seule destination)
- Binaire
 - Lecture d'un symbole soit 2 bits par cycles
 - Ecriture d'un symbole soit 2 bits par cycles
 - Le NoC reçoit 2 paquets (2 destinations)



Dimensionnement du NoC

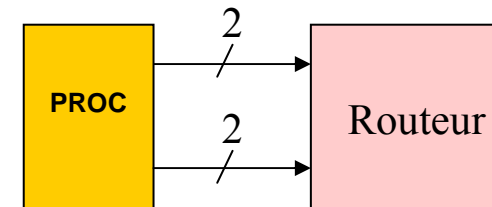
❖ Cas duo-binaire:

- 1 paquet (de 4 data) + 1 adresse par processeur
- 1 routeur pour 2 processeurs
- Paquet de taille 4



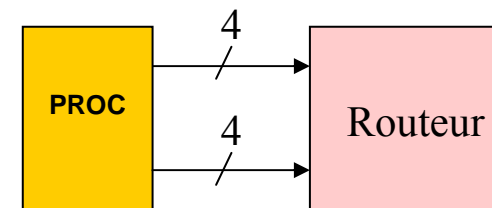
❖ Cas binaire:

- 2 paquets (de 2 data) + 2 adresses par processeur
- 1 routeur par processeur
- Paquets de taille 2



❖ NoC flexible:

- 1 routeur par processeur
- Support de 2 paquets de taille 4

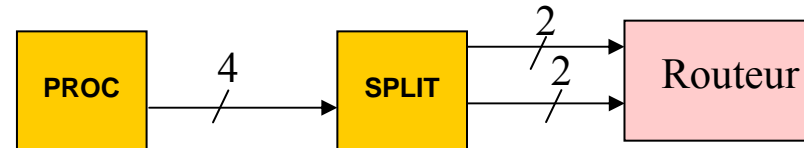


❖ Dimensionnement au pire cas

- 2 paquets pour supporter cas binaire
- paquets de taille 4 pour supporter cas duo-binaire

Amélioration du NoC flexible

- ❖ Idée : Séparation du paquet de 4 data en 2 paquets de 2 data.

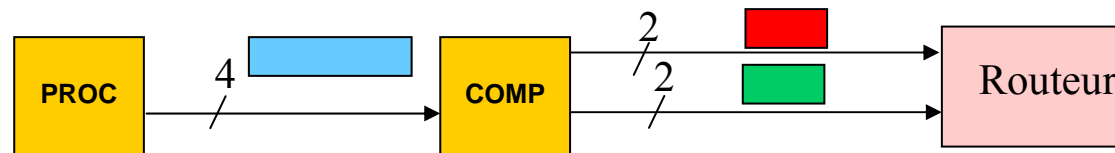


- ❖ Problème :

- 2 paquets de destination identique vont suivre 2 chemins différents (pas de garantie d'arriver en même temps)
- Comment effectuer cette séparation efficacement ?

- ❖ Solution :

- Utilisation de la compression : compression des 4 data sur 2 data. Les 2 datas restants sont utilisés pour permettre une décompression sans perte
- Un nouveau critère d'importance :
 - **grande importance** au paquet qui contient le plus d'information.
 - **faible importance** au paquet qui apporte une décompression sans perte





Algorithme de compression

❖ Définitions :

$$L_e^z = \ln \frac{p(u_k = z)}{p(u_k = 00)} \Rightarrow p(u_k = z) = p(u_k = 00) \exp(L_e^z) \quad L_e^{00} = 0$$

$$z = AB \quad L_{be}^A = \ln \frac{p(A=1)}{p(A=0)} \Rightarrow p(A=1) = p(A=0) \exp(L_{be}^A)$$

$$L_{be}^B = \ln \frac{p(B=1)}{p(B=0)} \Rightarrow p(B=1) = p(B=0) \exp(L_{be}^B)$$

❖ Compression :

$$L_{be}^A \approx \max(L_e^{10}, L_e^{11}) - \max(0, L_e^{01})$$

$$L_{be}^B \approx \max(L_e^{01}, L_e^{11}) - \max(0, L_e^{10})$$



Algorithme de décompression [In Cheol Park, 2008]

❖ Cas I : $L_{be}^A \geq 0, L_{be}^B \geq 0$

$$L_e^{11} \approx \max(L_{be}^A, L_{be}^B)$$

$$L_e^{10} \approx L_e^{11} - L_{be}^B = \max(L_{be}^A, L_{be}^B) - L_{be}^B \quad L_e^{01} \approx L_e^{11} - L_{be}^A = \max(L_{be}^A, L_{be}^B) - L_{be}^A$$

❖ Cas II : $L_{be}^A < 0, L_{be}^B < 0$

$$L_e^{11} \approx L_{be}^A + L_{be}^B - \max(L_{be}^A, L_{be}^B) \quad L_e^{10} \approx L_{be}^A \quad L_e^{01} \approx L_{be}^B$$

❖ Cas III : $L_{be}^A \geq 0, L_{be}^B < 0$

$$L_e^{11} \approx L_{be}^A + L_{be}^B \quad L_e^{10} \approx L_{be}^A \quad L_e^{01} \approx 0$$

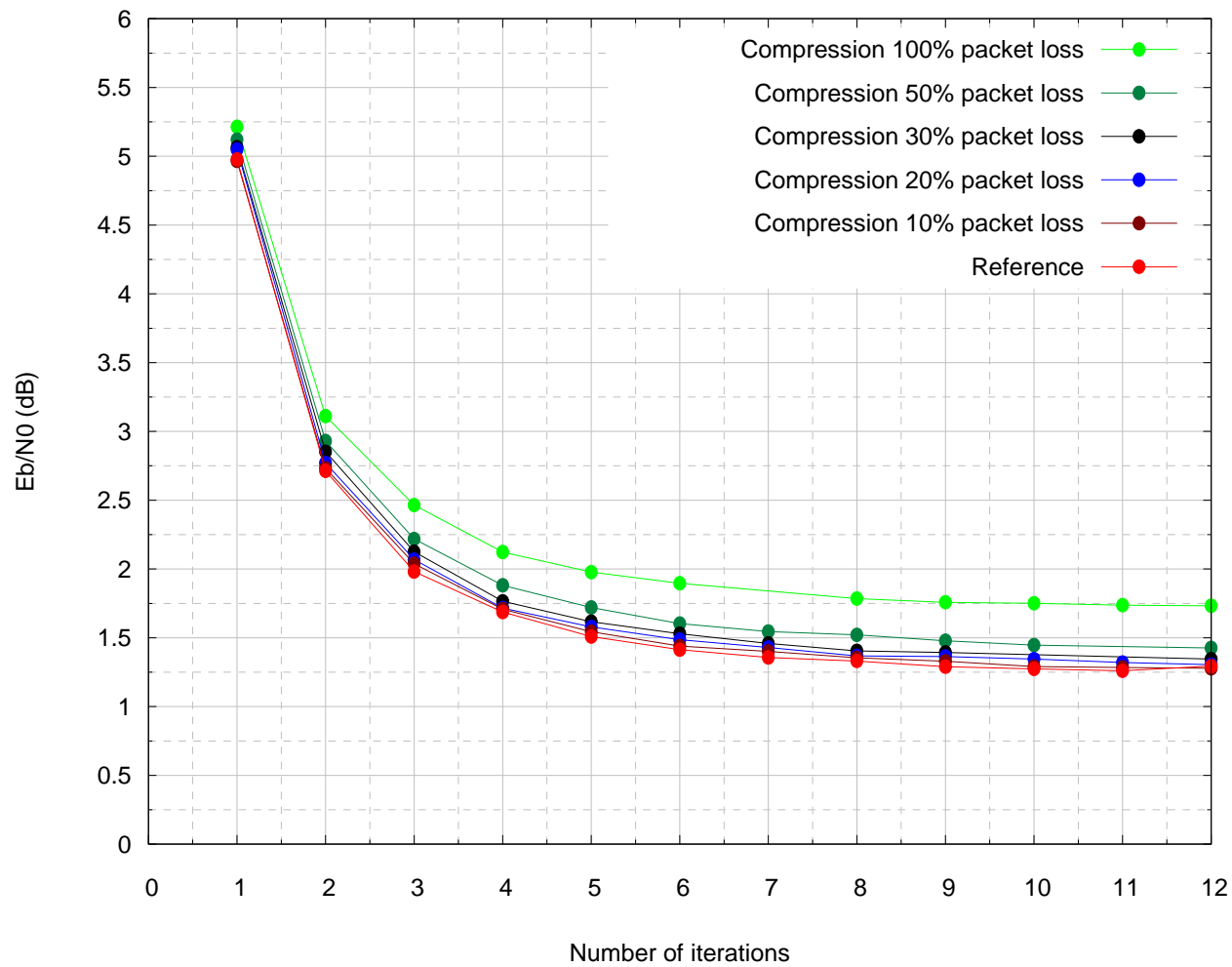
❖ Cas IV : $L_{be}^A < 0, L_{be}^B \geq 0$

$$L_e^{11} \approx L_{be}^A + L_{be}^B \quad L_e^{10} \approx 0 \quad L_e^{01} \approx L_{be}^B$$



Performance compression

QPSK Rate 1/2 BER 10⁻⁴ K = 1920 bits





Synthèse sur urgence et importance

❖ Urgence:

- Contrainte provenant de l'entrelaceur
- Caractérisée par un Time-To-Live (TTL)

❖ Importance

- Utilisé dans cas duo-binaire en association avec la compression

❖ Algorithme de decision en cas de conflit ou de débordement de FIFO:

- Pour un routeur, privilégié le paquet de TTL le plus faible.
- Pour 2 TTL identiques, privilégier celui d'importance la plus élevée.
- Dans le cas de débordement de FIFO, on supprime les paquets de plus faible importance.



Conclusion & perspectives

- ❖ Utilisation de métriques internes du décodeur permet d'optimiser la conception et les performances du NoC
- ❖ Réalisation effective d'un démonstrateur complet
 - NoC
 - Implémentation de l'urgence et importance.
 - Etude de ses performances (débit, taux de perte, impact sur turbo décodage, ...)
- ❖ Amélioration de la compression



Results and more information...

❖ **AFANA Project** (Application-Field-Aware Adaptive Network on chip Architecture)

(<http://recherche.telecom-bretagne.eu/afana>)



UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



ANR – Architecture du futur
2007-2010

