

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



www.cea.fr

Une nouvelle stratégie de glissement de données pour les caches élastiques dans les architectures many-coeurs

Journée Logiciels Embarqués et Architectures Matérielles du GDR SoC-SiP | [Safae](#)
[DAHMANI](#) Loïc CUDENNEC

15/11/2012

list

CONTEXTE GENERAL

Vers les many-coeurs

- Le marché des applications multimédia, jeux vidéo exige plus de performances.

→ Intégrer des cœurs complexes et puissants: **Contraintes de coût/énergie.**

→ Multiplier le nombre de cœurs: **Many-coeurs.**

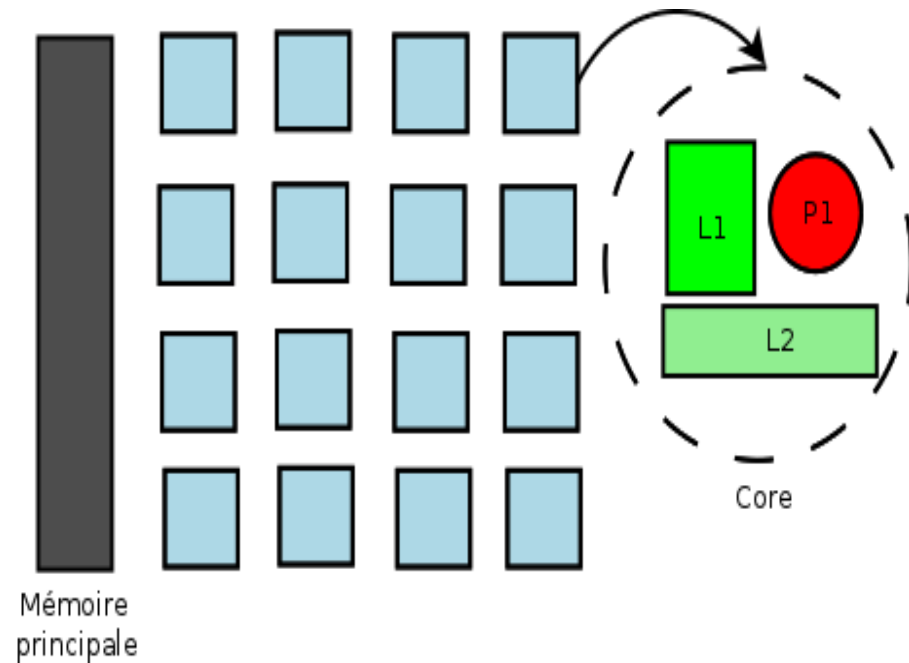


Figure 1 : Grille de 16 unités de calcul structurées en maille

Hiérarchie des caches

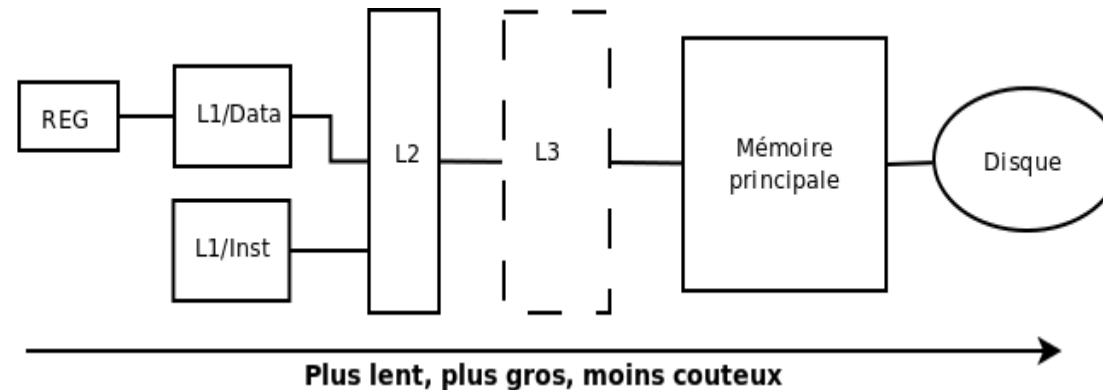


Figure 2 : Différents niveaux de mémoire

L'objectif de la hiérarchie des caches est de **minimiser la latence** d'accès au données fréquemment utilisées.

- **L'organisation des caches :**
passante.
- **La politique de gestion des caches :** Accessibilité, allocation, éjection des données, stratégie de cohérence , cache inclusif/ exclusif.

Organisation des caches

■ Cache privé :

- + Latence d'accès réduite, non uniforme,
- + Meilleure scalibilité,
- Capacité de stockage réduite.

■ Cache partagé:

- + Augmente la capacité effective (pas de duplication de données partagées),
- Une donnée placée arbitrairement dans le cache peut être éloignée du cœur qui l'utilise,
- Passage à l'échelle limité.

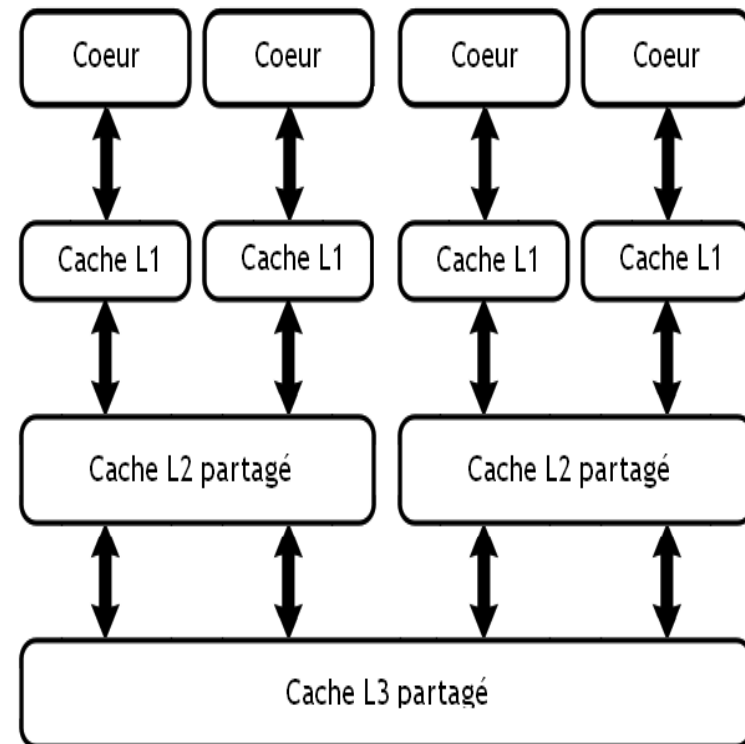


Figure 3: Options Privé/Partagé des caches hiérarchiques

**Quel serait le meilleur compromis
PRIVE/PARTAGE?**

MODELES ADAPTATIFS DE LA HIEARCHIE DES CACHES

Cache Coopératif

Principe : créer un espace de stockage commun.
Chaque nœud a le droit d'utiliser l'espace libre d'un autre.

Performances :

- Augmente la capacité de stockage (partage logique)
- Réduit le taux des défauts de caches
- Réduit la latence d'accès

Limitations :

- Contrôle de cohérence centralisé (CCE) : Consommation, Contention du réseau, Passage à l'échelle limité.

Perspectives :

- Optimisation de l'espace de stockage, autonomie de contrôle.

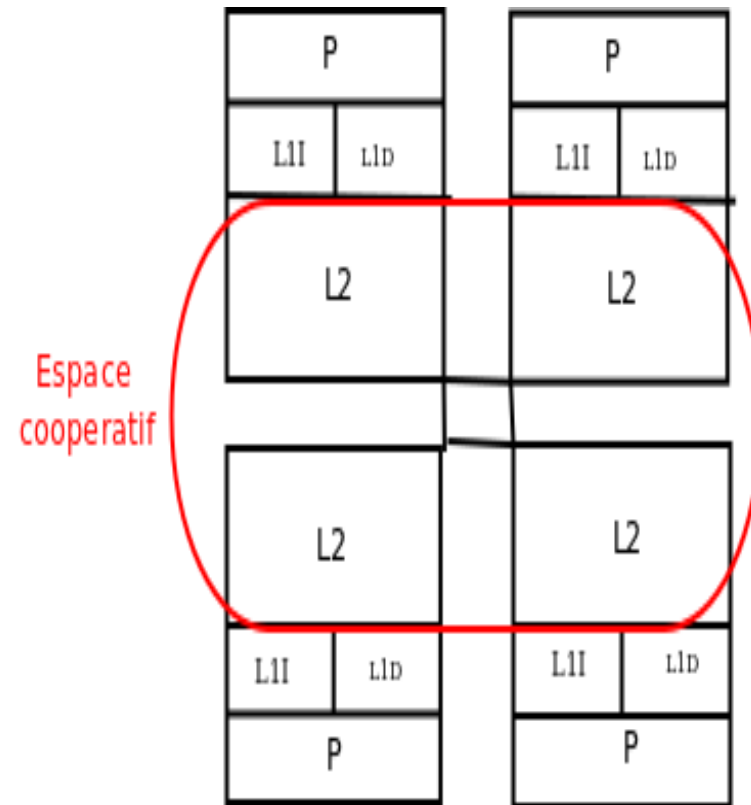


Figure 4: Zone coopérative

Cache Coopératif Élastique

■ Motivations:

Proposer un système à cache coopératif, dynamique, autonome.

S'adapter aux besoins applicatifs et au passage à l'échelle (DCE).

■ Principe:

Le cache L2 est logiquement divisé en zones privée/partagée.

Chaque nœud est capable d'aller stocker des données chez son voisin(1 Chance Forwarding).

■ Deux unités de contrôle :

- Unité de partitionnement
- Unité d'allocation de bloc

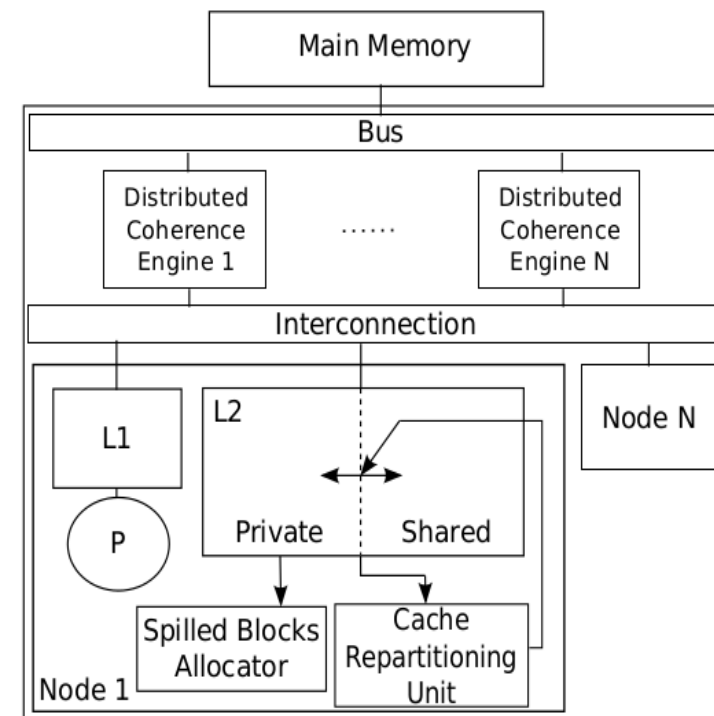


Figure 5: Structure d'un noeud à cache coopératif élastique

**LIMITATION DU MODELE COOPERATIF
ELASTIQUE**

Cas de voisinage stressé

En cas de voisinage fortement stressé:

1. Le compteur stagne autour de 0: éjection des données.
2. Le compteur oscille entre des valeurs extrêmes: comportement instable de l'unité de partitionnement.
3. La stratégie **Round Robin**: les nœuds avec plus de blocks partagés sont les plus sollicités. Nécessité de transmission des données de partitionnement à chaque mise à jour.

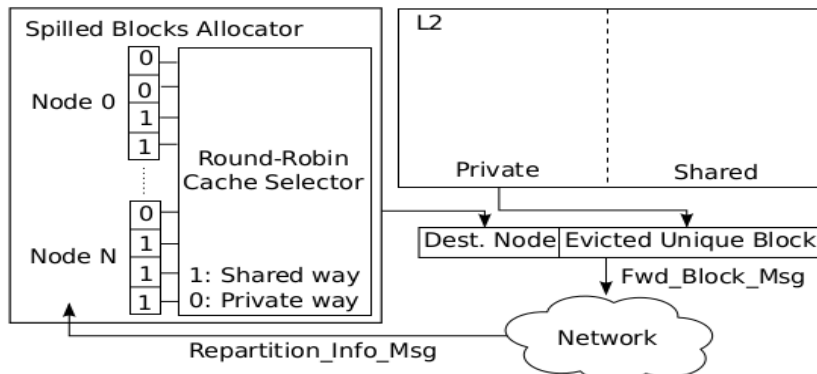


Figure 7 : Mécanisme d'allocation des blocks

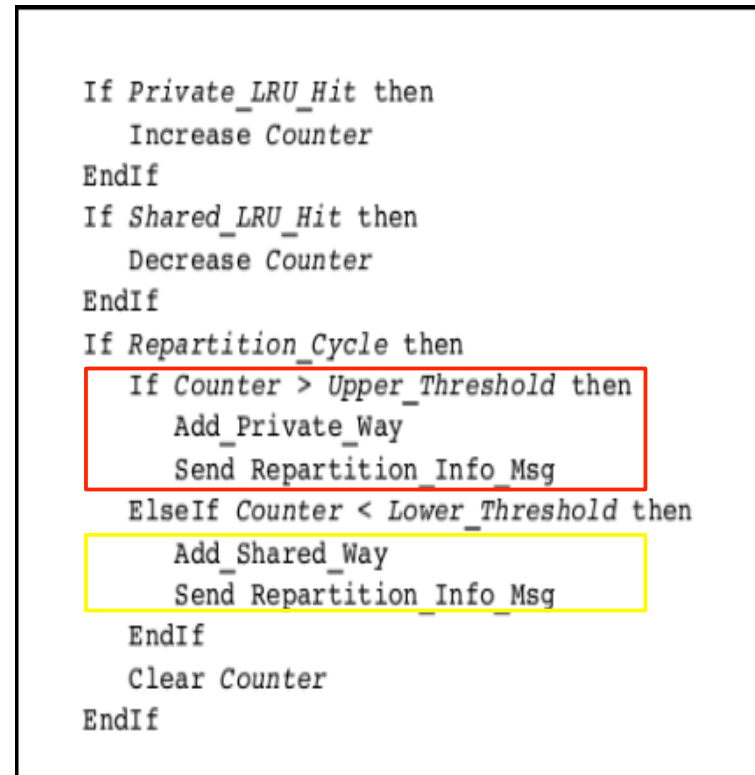


Figure 6 : Protocole de partitionnement

CONTRIBUTION :
MECANISME DE GLISSEMENT DE
DONNEES

Description du principe de glissement de données

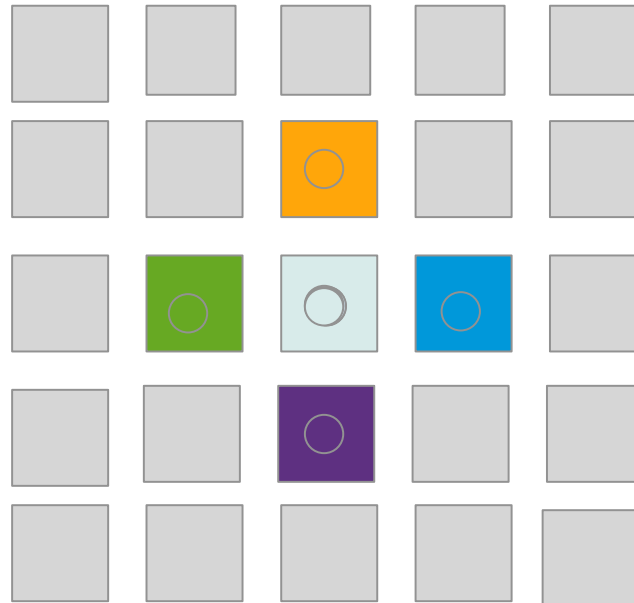


Figure 8: Glissement de données

Technique de remplacement par priorité

■ Technique des compteurs :

- LHC : Local Hit Counter
- NHC : Neighbor Hit Counter

■ Remplacement par priorité :

- LHC > somme(NHC) : LRU partagé remplacé
- LHC < somme(NHC) : LRU privé remplacé
- Distance (LHC , somme(NHC)) < TH_Sliding : activation du glissement des données.

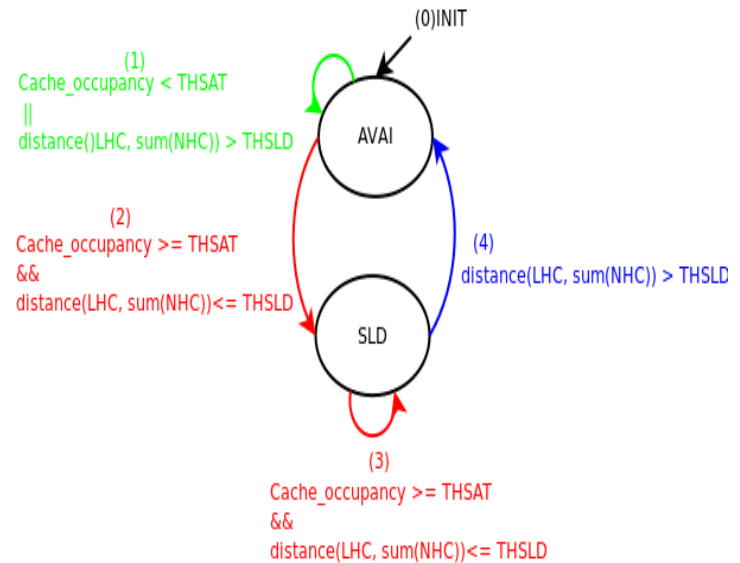


Figure 9 : Machine d'état du protocole élastique par glissement

=> Le choix du bloc qui va migrer vers le voisin proche prend en compte la fréquence d'accès aux données.

Technique du choix du meilleur voisin (Best Neighbor)

■ Principe:

Le **meilleur voisin** est celui qui sollicite le moins la zone partagée $\min(\text{NHC})$.

■ Implémentation :

Technique des compteurs

=> Le choix du nœud destinataire prend en compte le besoin en mémoire de celui-ci.

PROCEDURE DE TEST

PROCEDURE DE TEST : Approche analytique

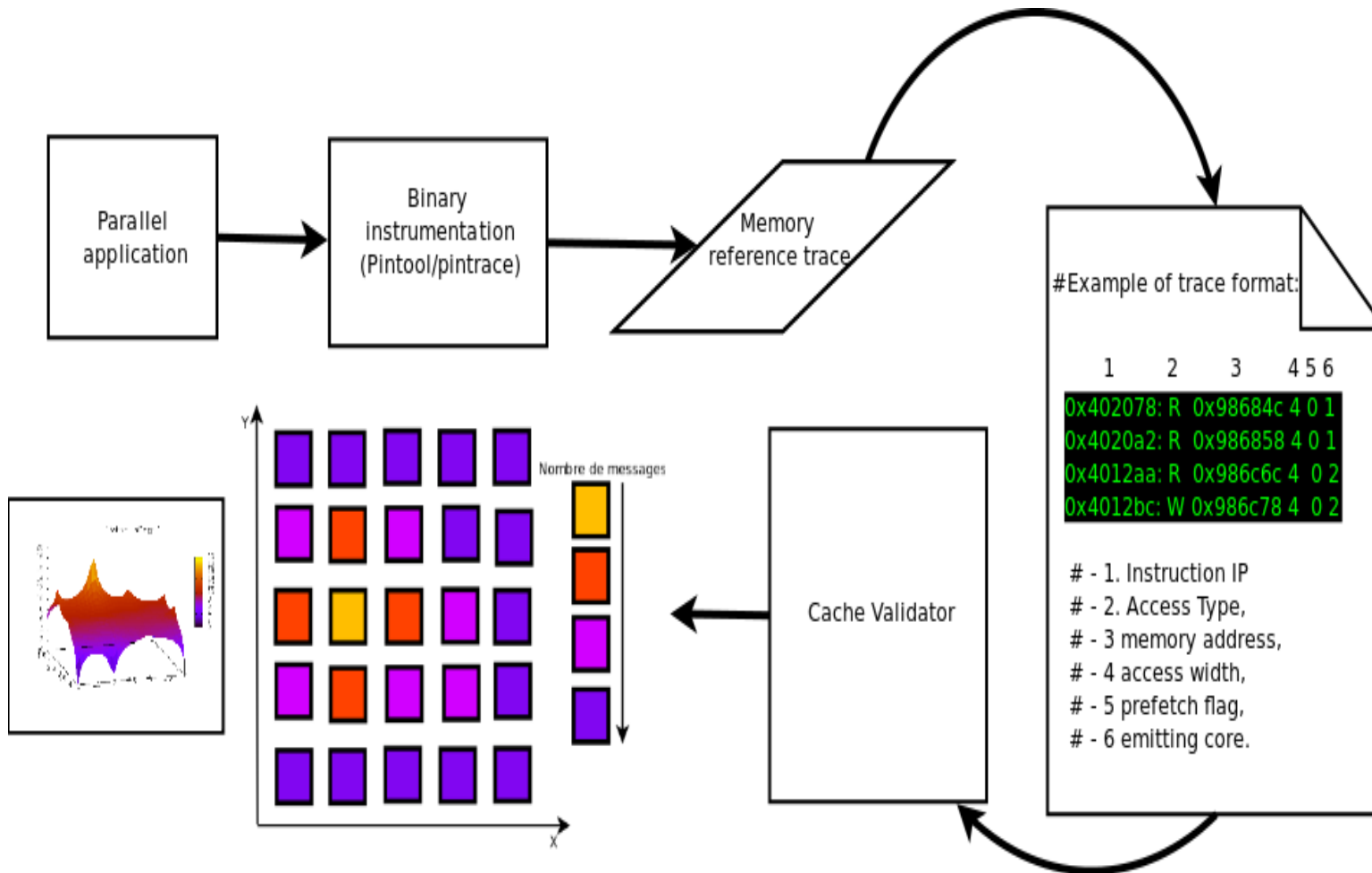


Figure 10 : Processus de validation

■ Évaluation du trafic réseau:

Message vers → **Home Node** (Défaut de cache)

Message vers → **Neighbor** (Récupération de la donnée de chez le voisin)

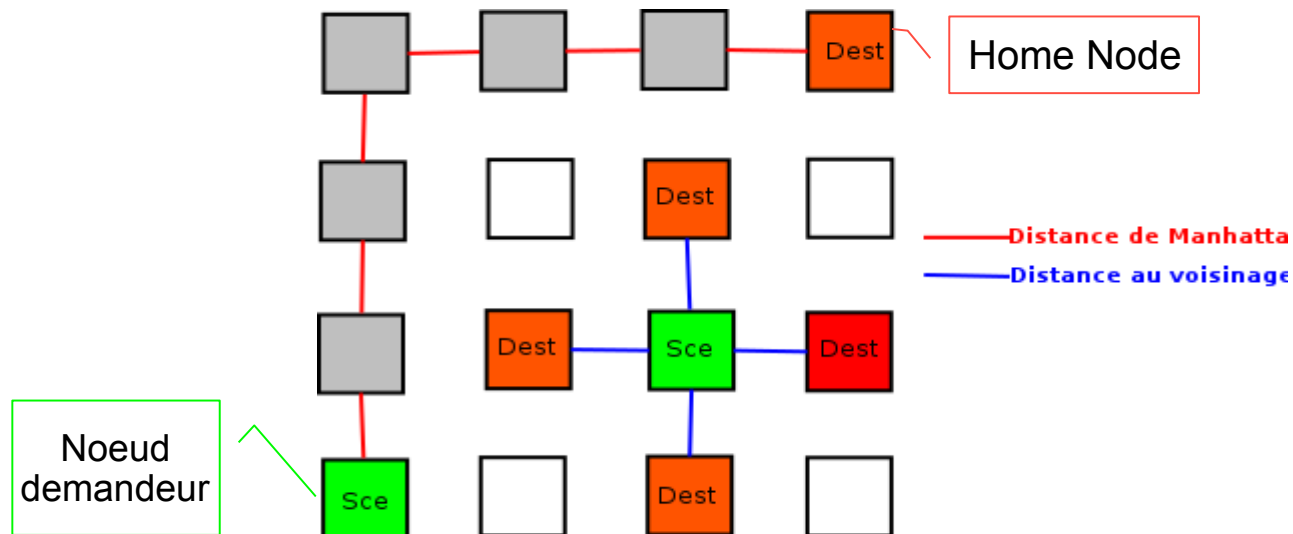
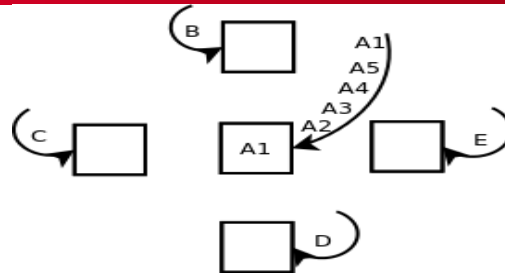
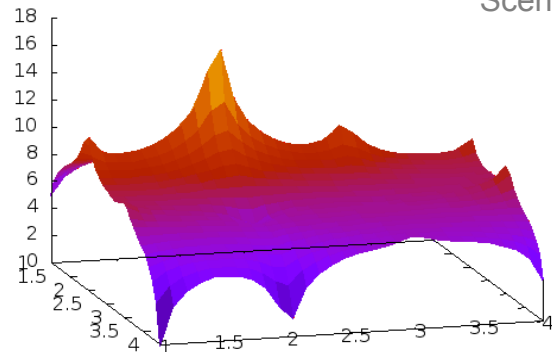


Figure 11 : Accès au Home Node versus accès au voisin



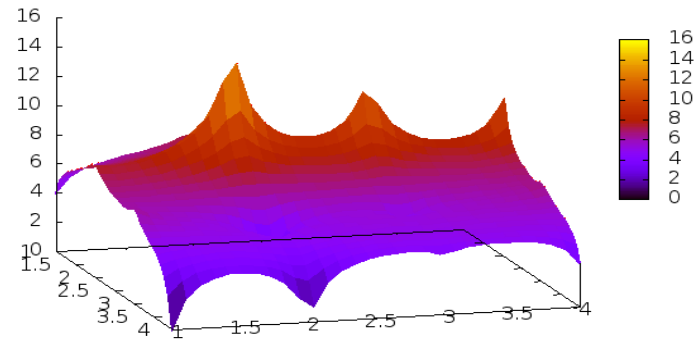
Scénario de test

Nb de Messages



Cache coopératif élastique

Nb de Messages

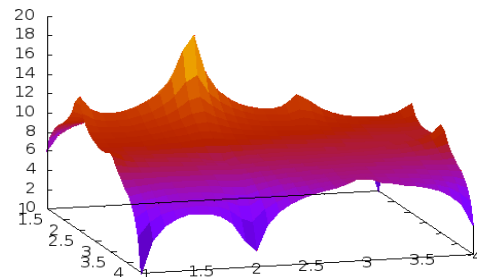


Glissement de données

- Réduit la zone de trafic sur puce : limitation des accès Home Node (défauts de cache).

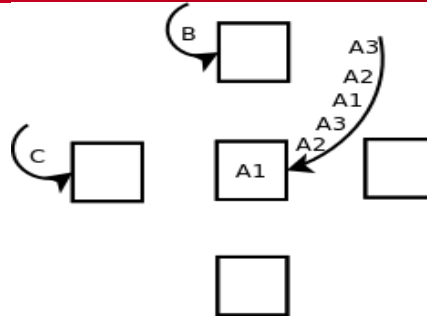
- Favorise la communication sur le voisinage proche.

Nb de Messages



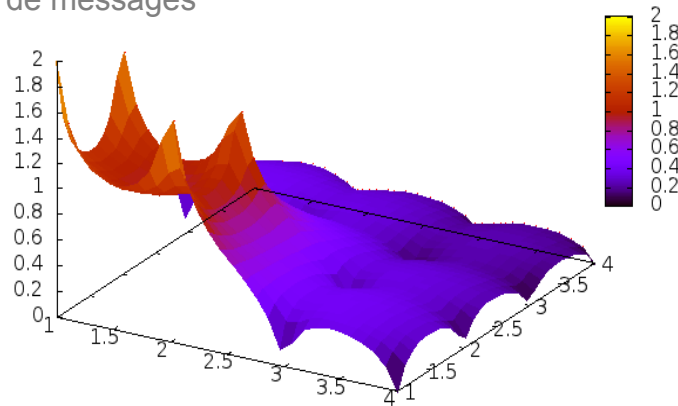
Protocole Baseline

TEST 2 : BEST NEIGHBOR



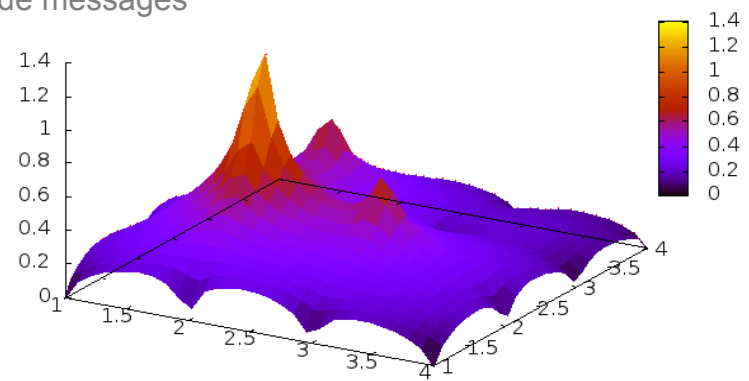
Scénario de test

Nb de messages



Round Robin

Nb de messages

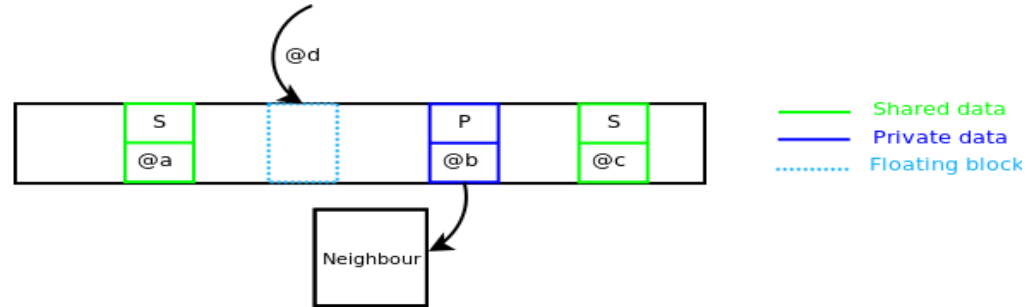


Best Neighbor

- Réduit la zone de trafic sur puce : limitation des accès Home Node (défauts de cache).

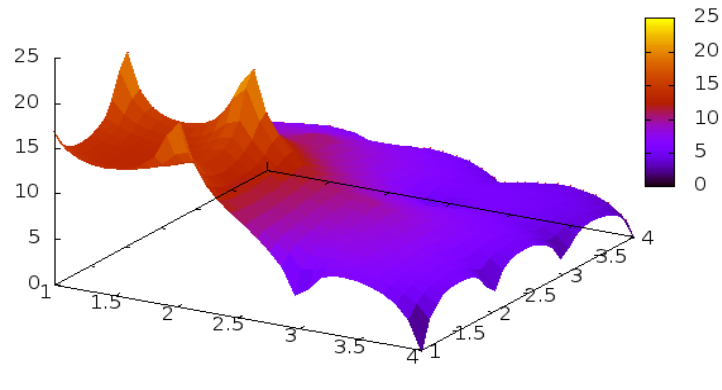
- Favorise la coopération avec les voisins libres plutôt que ceux chargés (d'où la pertinence du choix du voisin destinataire).

TEST 3 : REMPLACEMENT PAR PRIORITE



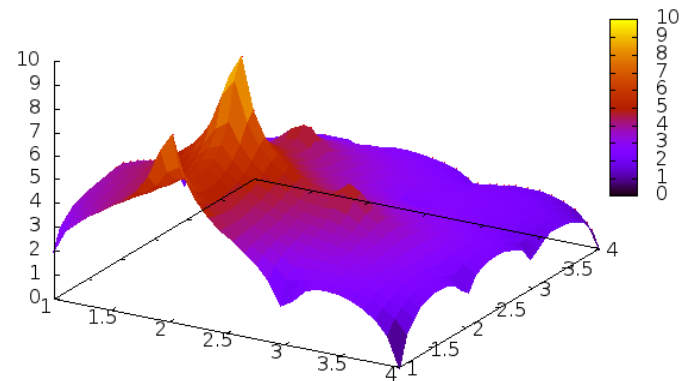
Scénario de remplacement des données

Nb de messages



Partitionnement cyclique

Nb de messages



Remplacement par priorité

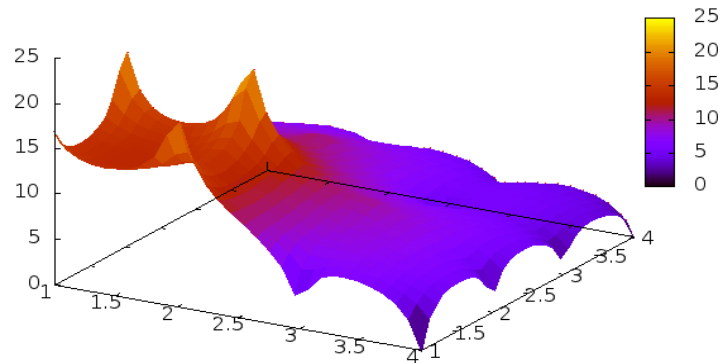
- Réduit le nombre max de messages : de 25 à 10 (-60 %).
=> Taux d'éjection réduit (moins de défauts de cache)

TEST 3 : REMPLACEMENT PAR PRIORITE



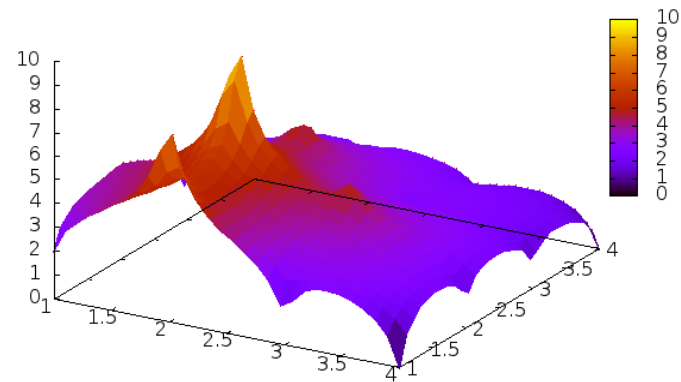
Scénario de remplacement des données

Nb de messages



Partitionnement cyclique

Nb de messages



Remplacement par priorité

- Réduit le nombre max de messages : de 25 à 10 (-60 %).
=> Taux d'éjection réduit (moins de défauts de cache)

■ Améliorations:

- Abandonne la notion de partitionnement cyclique.
- La prise de décision sur le bloc à migrer est effectuée à chaque requête de stockage

=> En cas de voisinage fortement stressé, le glissement de données de proche en proche réduit l'éjection hors puce.

CONCLUSION

- **Contribution:** Amélioration du modèle de cache coopératifs élastique pour architecture massivement parallèle par **glissement de données** :
- ** **Technique de partitionnement** : réduction du nombre de défauts de cache (60 %)
- ** **Technique du choix du meilleur voisin** : meilleure répartition de données sur le voisinage (limitation de l'éjection hors puce des données)
- **Perspectives:**
 - Evaluation des techniques de glissement sur plate-forme de simulation (ex : SocLib).
 - Utilisation d'application à forte charge de données (Compression de données, Traitement d'image, Streaming, Recuit simulé sur NUMA).
 - Glissement étendu (N-chance forwarding) basé sur une évaluation globale de la répartition de la charge au niveau de la puce.



MERCI !

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Saclay | 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
T. +33 (0)1 69 08 60 00 | F. +33 (0)1 XX XX XX XX
Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019

Direction
Département
Service