

Architectures et Algorithmique Parallèles

Architectures Parallèles

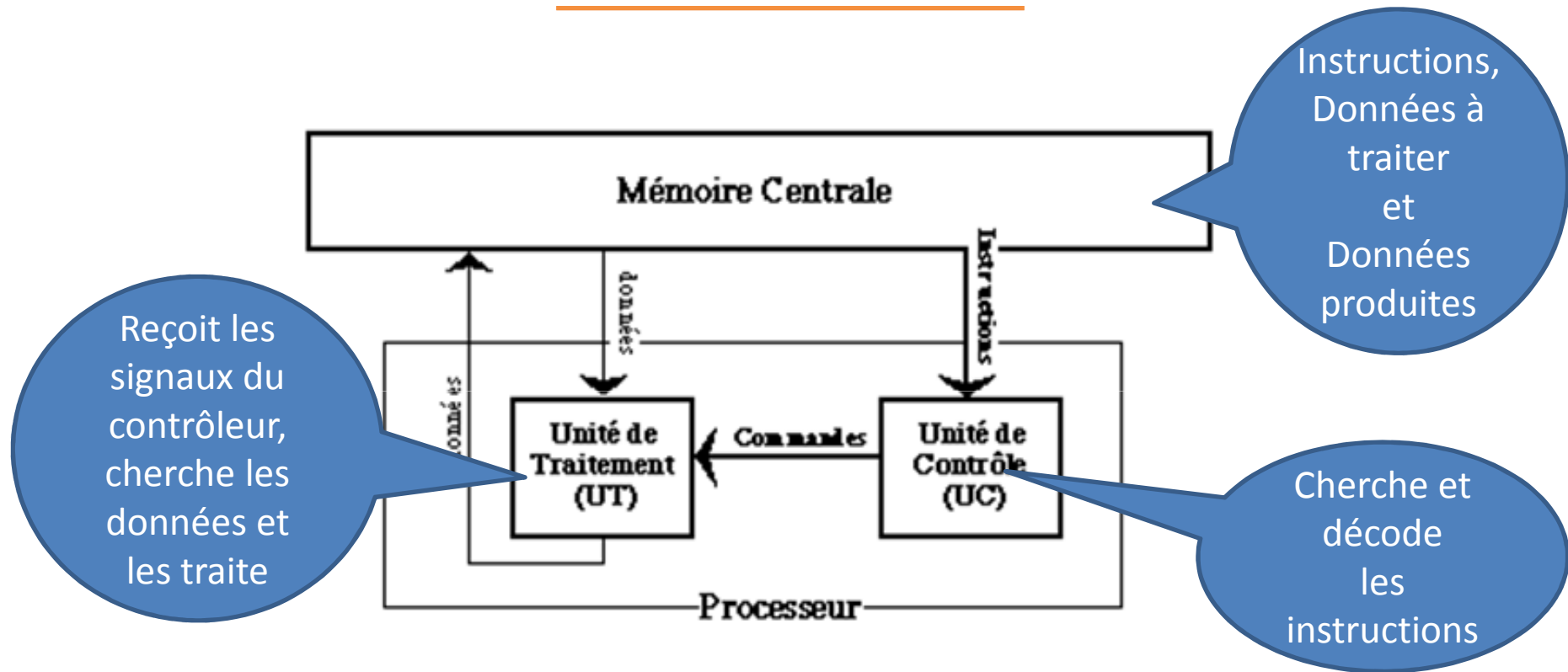
Cours pour Ingénieur

Préparé par

Dr. Olfa Hamdi-Larbi

ola_ola79@yahoo.fr

Architecture Séquentielle Classique



Architectures Parallèles :

Différents arrangements de ces trois composants

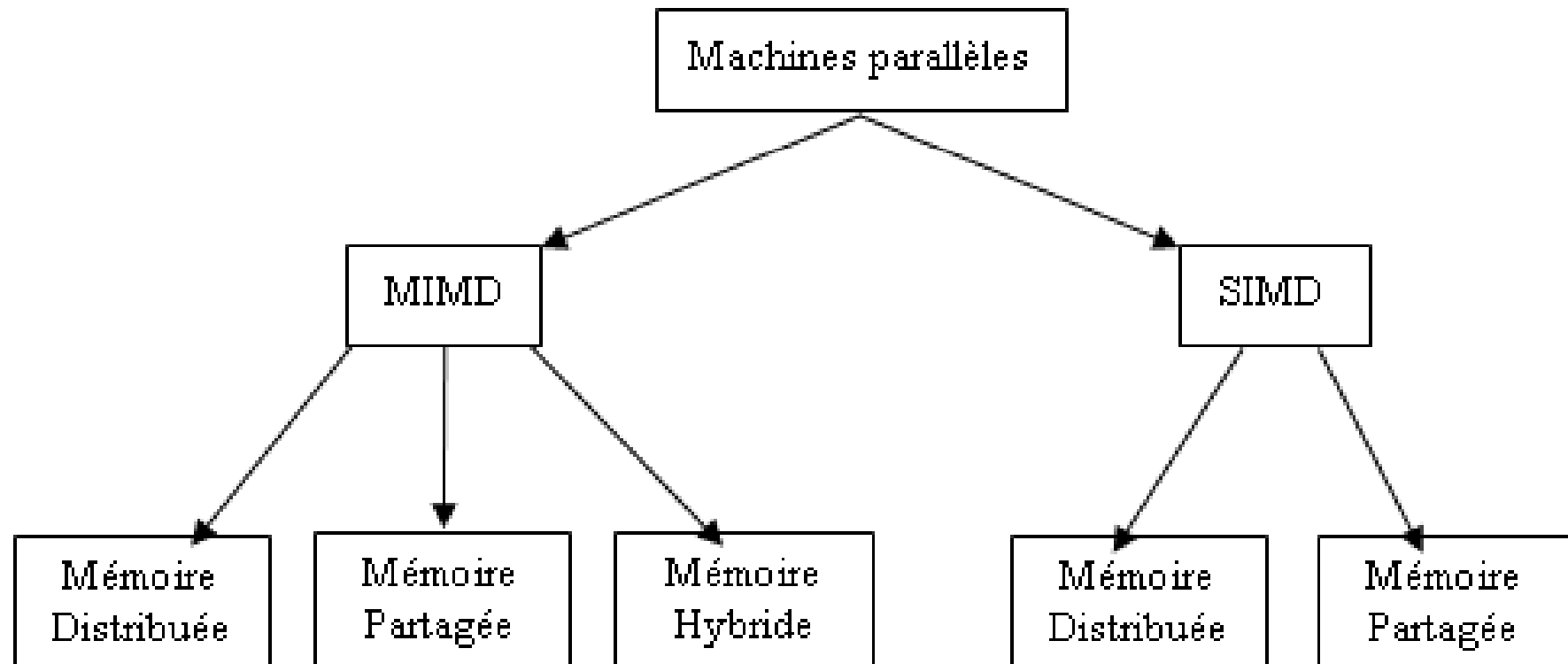
Architectures Parallèles

Taxonomie de Flynn

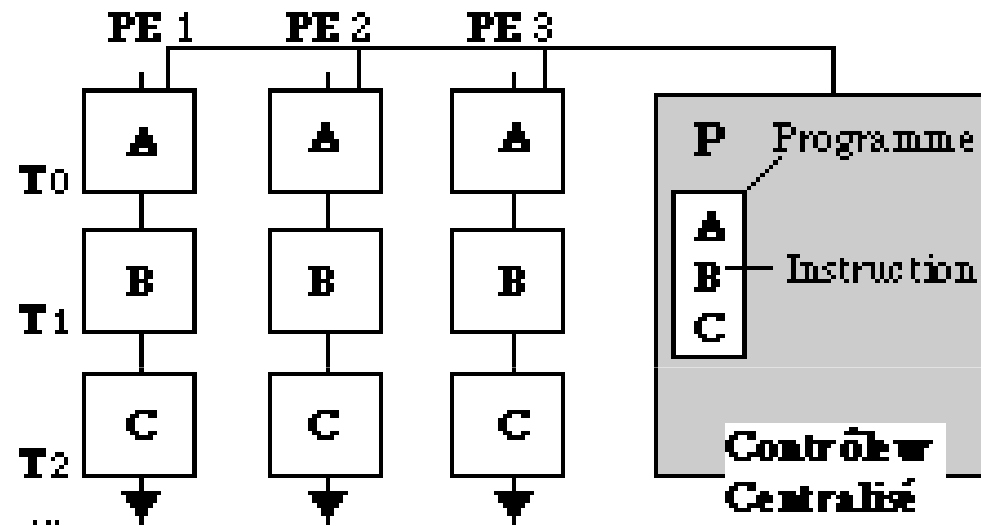
		Flot de D onnées	
		S imple	M ultiple
Flot d' I nstructions	S imple	SISD (Von Neumann)	SIMD (Vectorielle et cellulaire)
	M ultiple	MISD (pipeline)	MIMD (Multiprocesseur et Passage de Message)

Taxonomie de haut niveau

Prend en compte la disposition de la mémoire

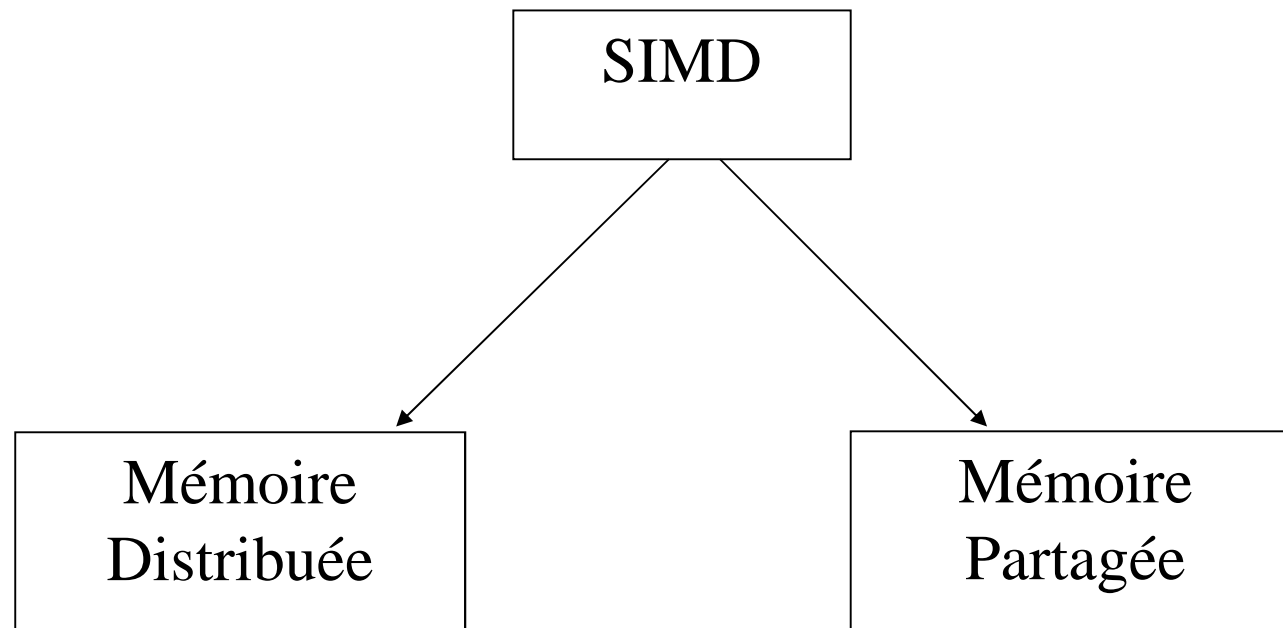


Machines SIMD

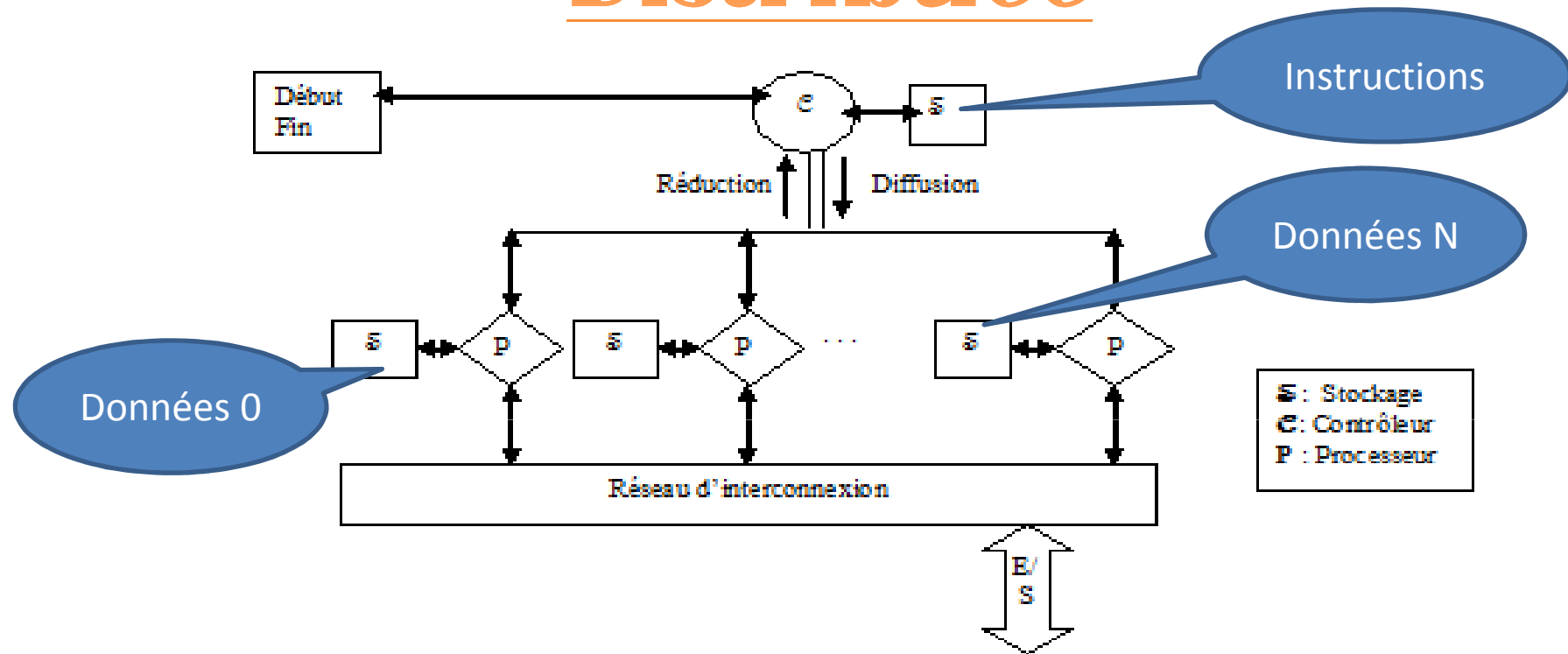


- les processeurs sont synchronisés (pas de liberté temporelle) et ils exécutent la même instruction (pas de liberté spatiale) mais sur des données multiples.

Machines SIMD



Machines SIMD : Mémoire Distribuée



- le contrôleur pilote tout un tableau d'unités processeur/mémoire au lieu d'un processeur unique
- Instruction diffusée par le contrôleur : tous les processeurs l'exécutent de manière **parfaitement synchrone**

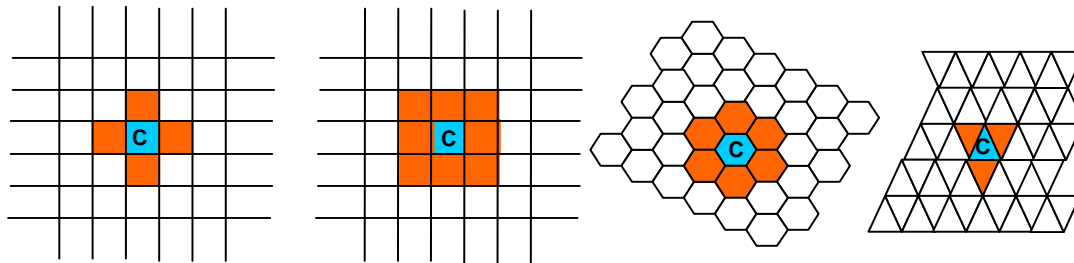


Exemples : Machines Systoliques et Cellulaires

Machine (Automate) Cellulaire

- ▶ Un automate cellulaire consiste en une grille régulière de « cellules » contenant chacune un « état »
- ▶ À chaque nouvelle unité de temps, les mêmes règles sont appliquées simultanément à toutes les cellules de la grille, produisant une nouvelle « génération » de cellules dépendant entièrement de la génération précédente.

Automate Cellulaire bidimensionnel



Machines SIMD : exemple

Les « Connection Machines »

CM-2 General Specifications

Processors 65536 (64K)

Memory 512 MB

Memory Bw 300Gbits/Sec

I/O Channels 8

Capacity per Channel 40 MB/Sec

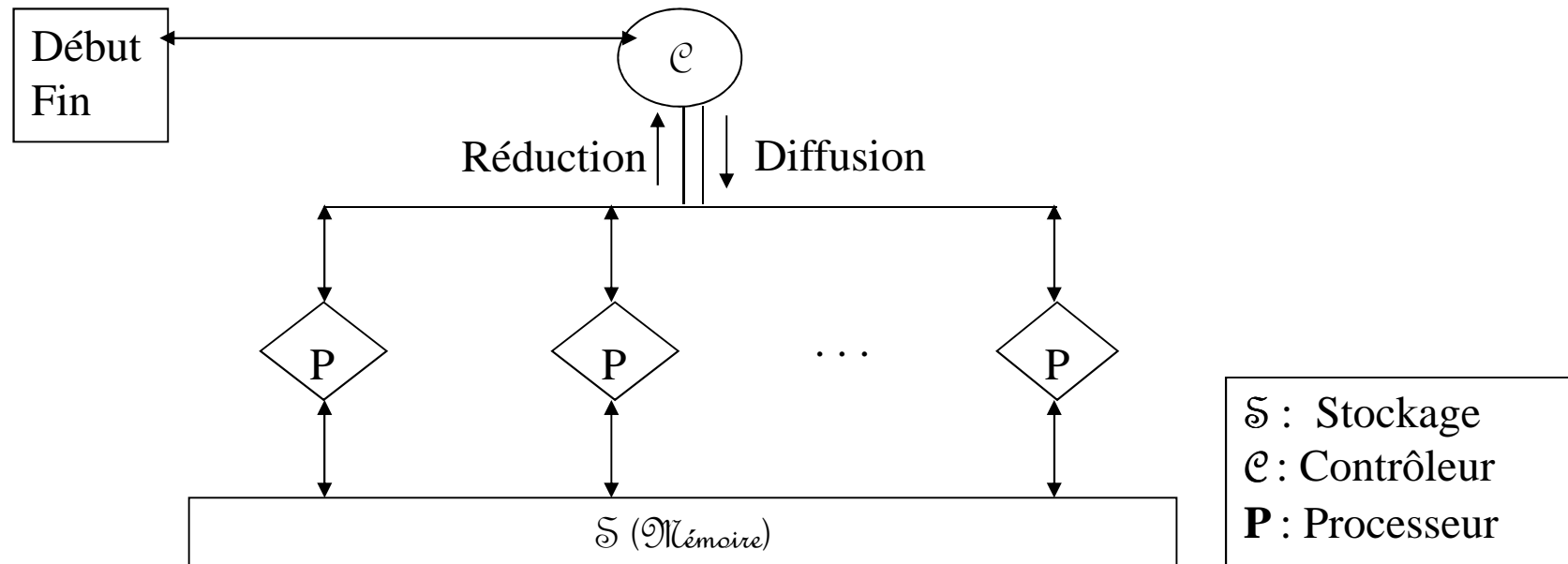
Max. Transfer Rate 320 MB/Sec

Connection-Machine 2 - 1987



Ont été très efficaces dans des problèmes de traitement d'image

Machines SIMD : Mémoire partagée



Exemples : Machines Vectorielles

Machine vectorielle

Définitions :

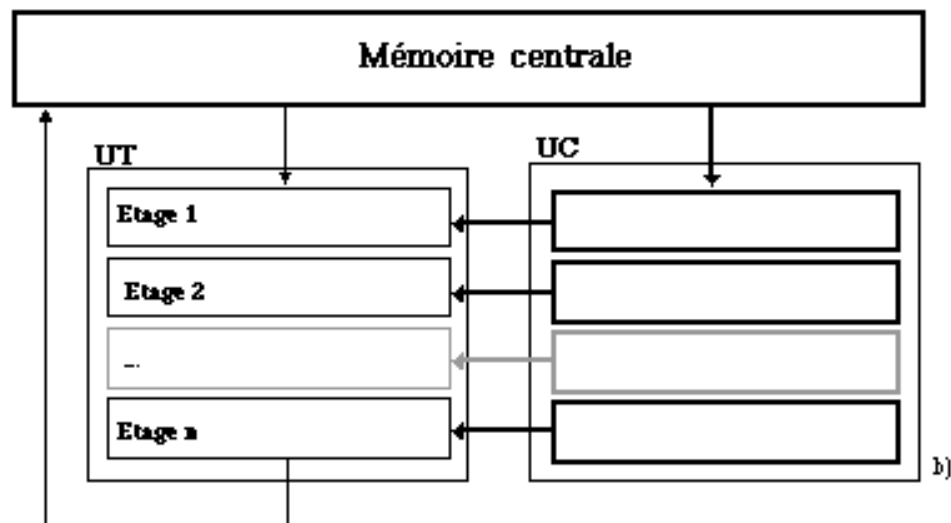
- ▶ machine multiprocesseurs
- ▶ Entre dans le cadre d'une architecture SIMD
- ▶ Utilisation des unités fonctionnelles pipelines

Comment fonctionne une machine vectorielle ?

Machine vectorielle

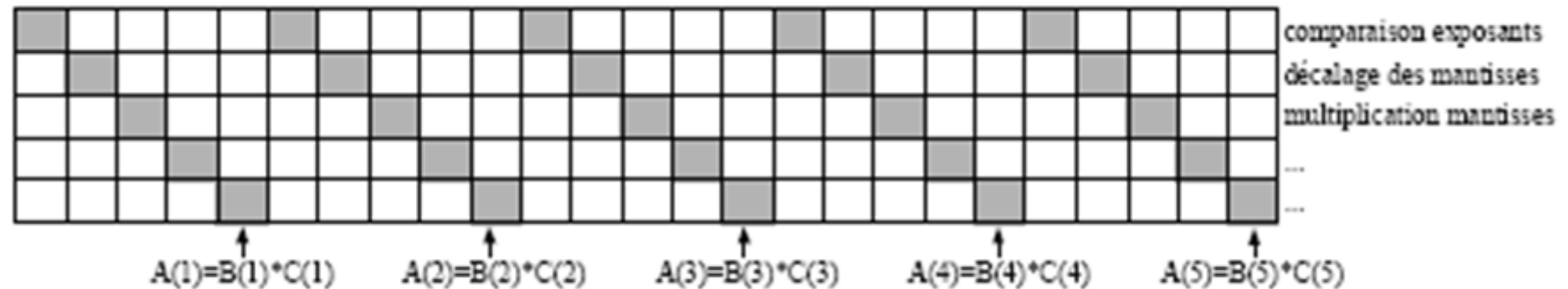
Principe du pipeline :

- les unités de traitement et de contrôle sont découpées en étages chargés d'une partie de l'opération à effectuer.
- des données peuvent être traitées à l'étage 2 pendant que d'autres sont traitées à l'étage 3.
- Le flot de données est continu.
- Dans la classification de Flynn, ces machines sont de type MISD, mais on peut considérer que l'effet pipeline est semblable à un effet « Multiple Donnés »
- en pratique, on classe les machines pipe-line avec les machines SIMD.

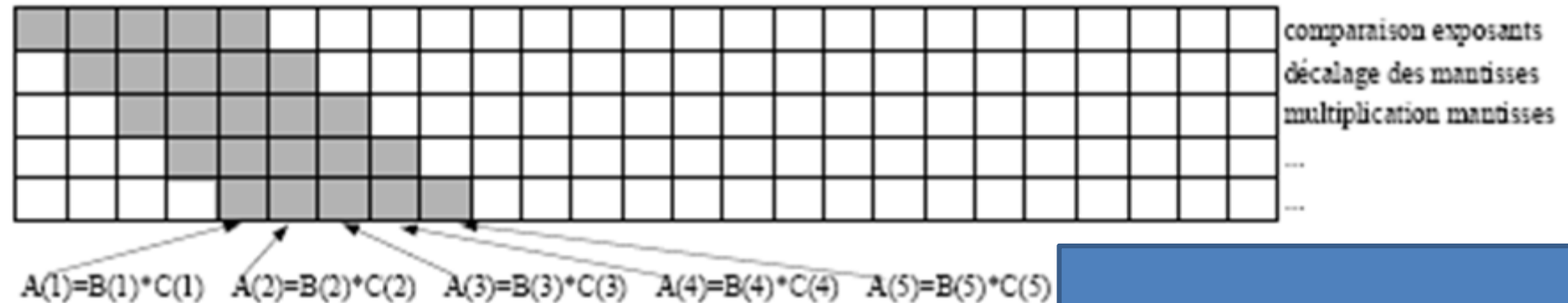


Machine vectorielle

Exécution sur une machine scalaire :



Exécution sur une machine vectorielle :



Le nombre d'unités de temps
Machine Scalaire : $n*k$
Machine Vectorielle : $n+k-1$

Machine vectorielle

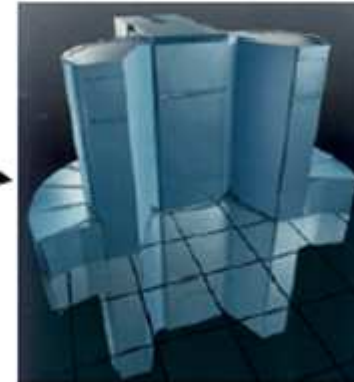
Anciennes gamme Cray



Cray-1, 1976
133Mflops



Cray-2, 1985
1.9 gigaflops



Cray-YMP, 1988



Cray-T90,
60 gigaflops

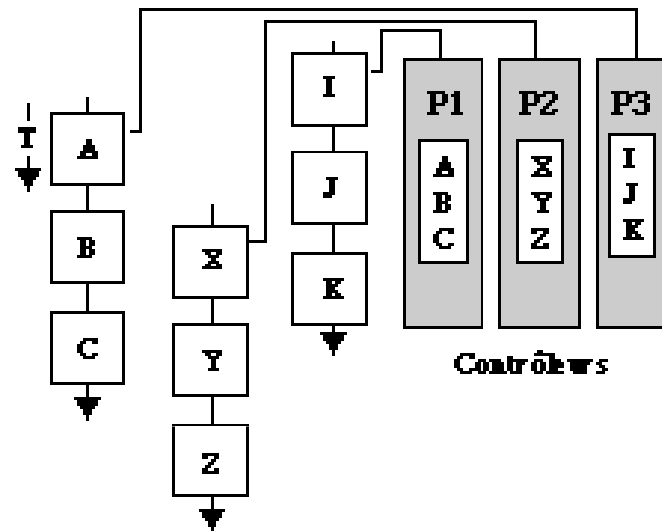


Cray-J90



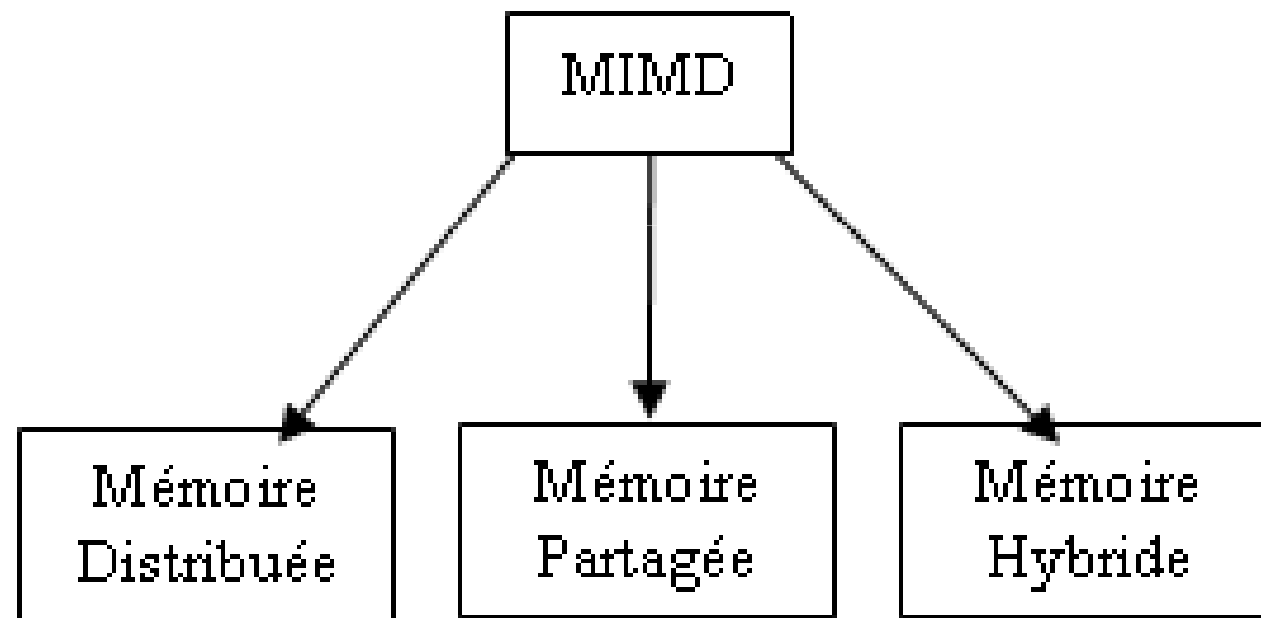
Cray-C90, 1991
16 gigaflops

Machines MIMD

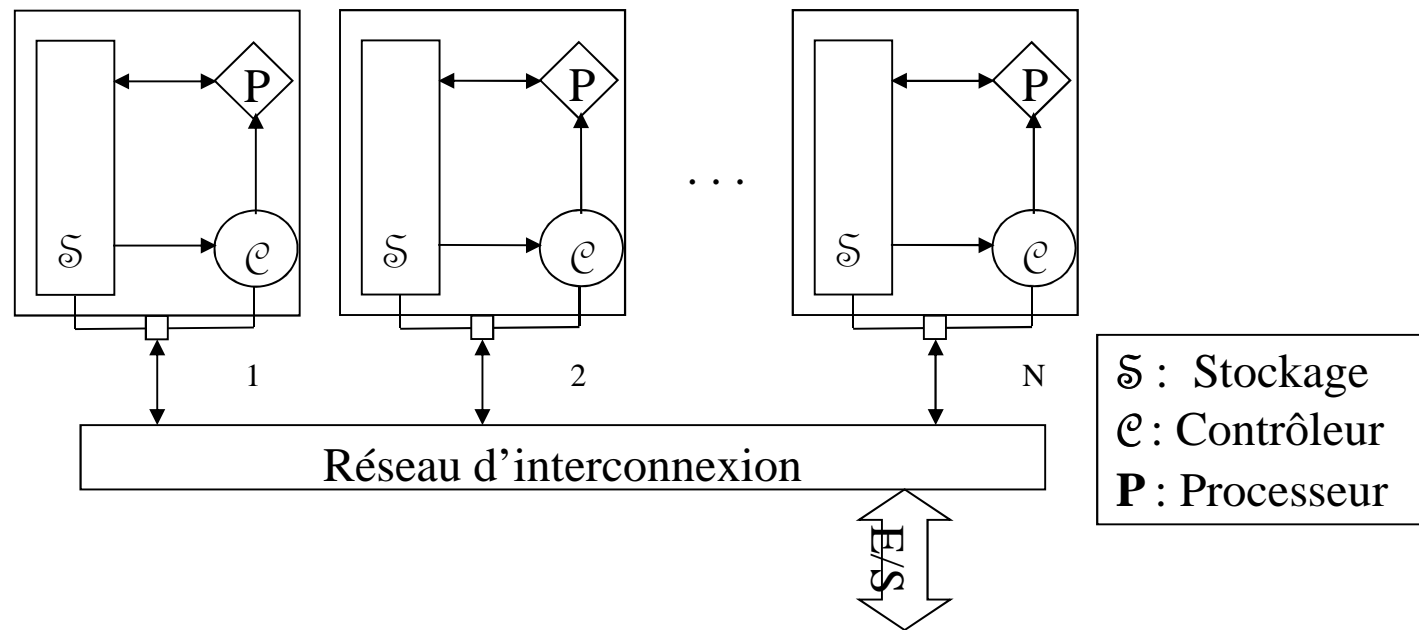


- Chaque Processeur dispose de son propre contrôleur.
- Les Processeurs exécutent des programmes différents de manière ***asynchrone***.

Machines MIMD



Machines MIMD : Mémoire distribuée (Multi-ordinateur)



- les processeurs, les stockages et les contrôleurs sont multiples.
- Chaque nœud de traitement est capable de stocker et exécuter son propre programme sur ses propres données, de manière complètement indépendante et **asynchrone** avec tous les autres nœuds de traitement
- On a besoin d'un réseau externe d'intercommunication entre les processeurs pour qu'ils puissent échanger des informations

Multi-ordinateur : Exemple

1993-2000 : Cray-T3D & T3E

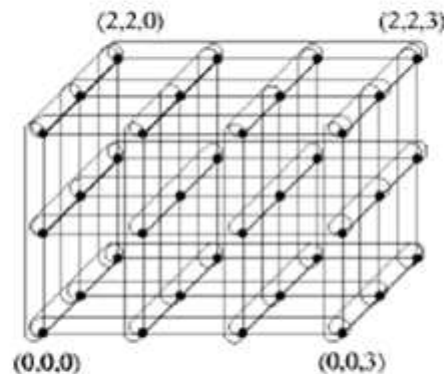
En 1993 : le Cray-T3D est la première machine MIMD à mémoire distribuée avec un réseau d'interconnexion réellement performant

Cray-T3D :

- Processeurs : 1 à 1024 Alpha
- Réseau de comm. : **tore 3D**

600Mo/s lien crête

100-480Mo/s réel

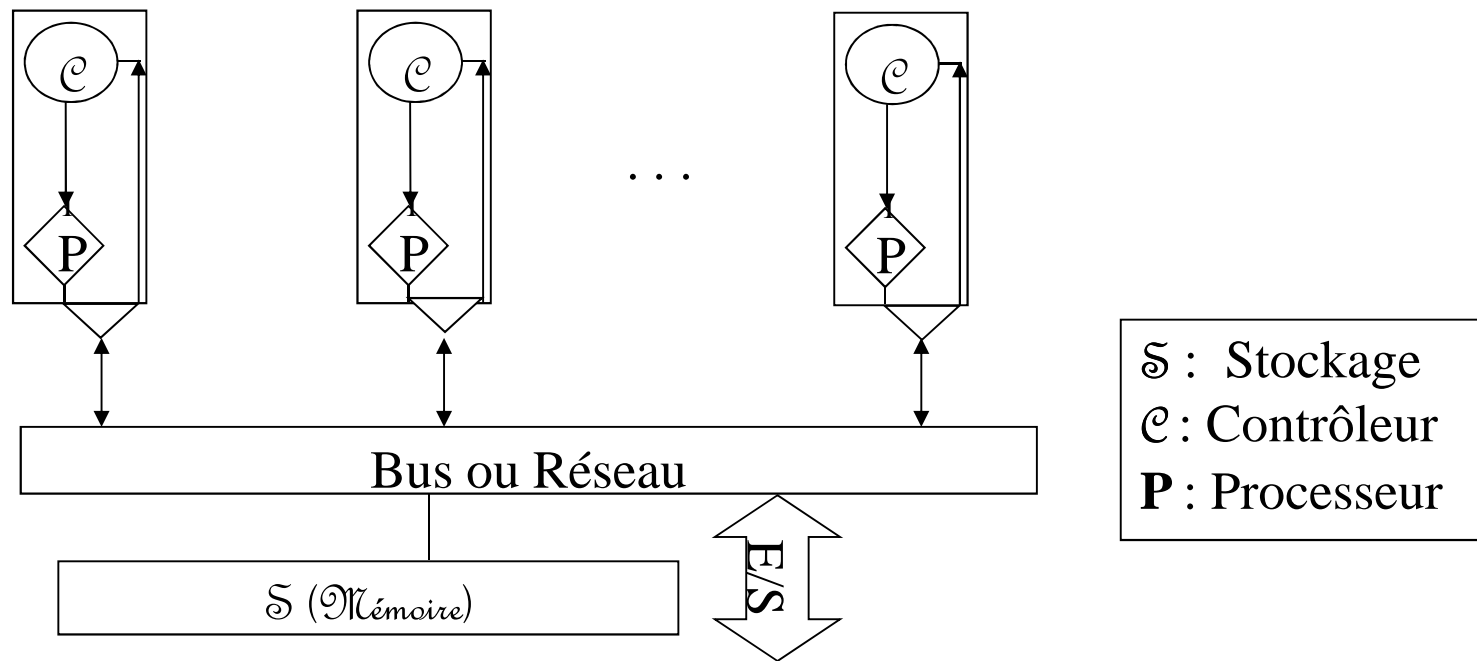


- Mémoire : distribuée et partageable
mais **NUMA** : $\langle n^{\circ} \text{ proc}, \text{ptr loc} \rangle$



Cray-T3D¹⁸

Machines MIMD : Mémoire Partagée (SMP : Symmetric MultiProcessor)



- Plusieurs copies du contrôleur/processeur avec une instance unique de la mémoire

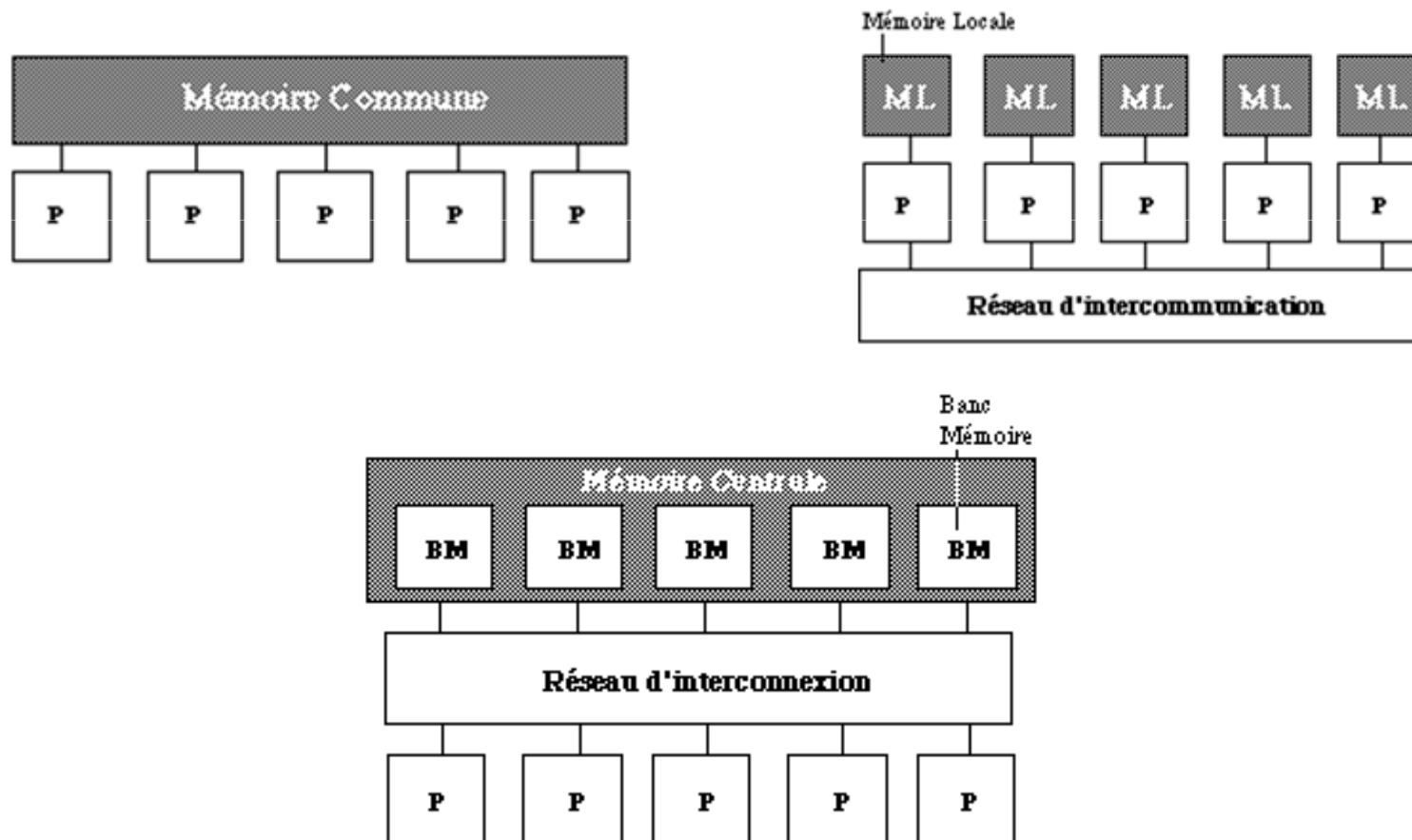
SMP : Exemple



- SUN Fire [tm] 15K server
- SUN propose des serveurs équipés de 1 à 106 processeurs
- Prix de 4-5 million d'euro

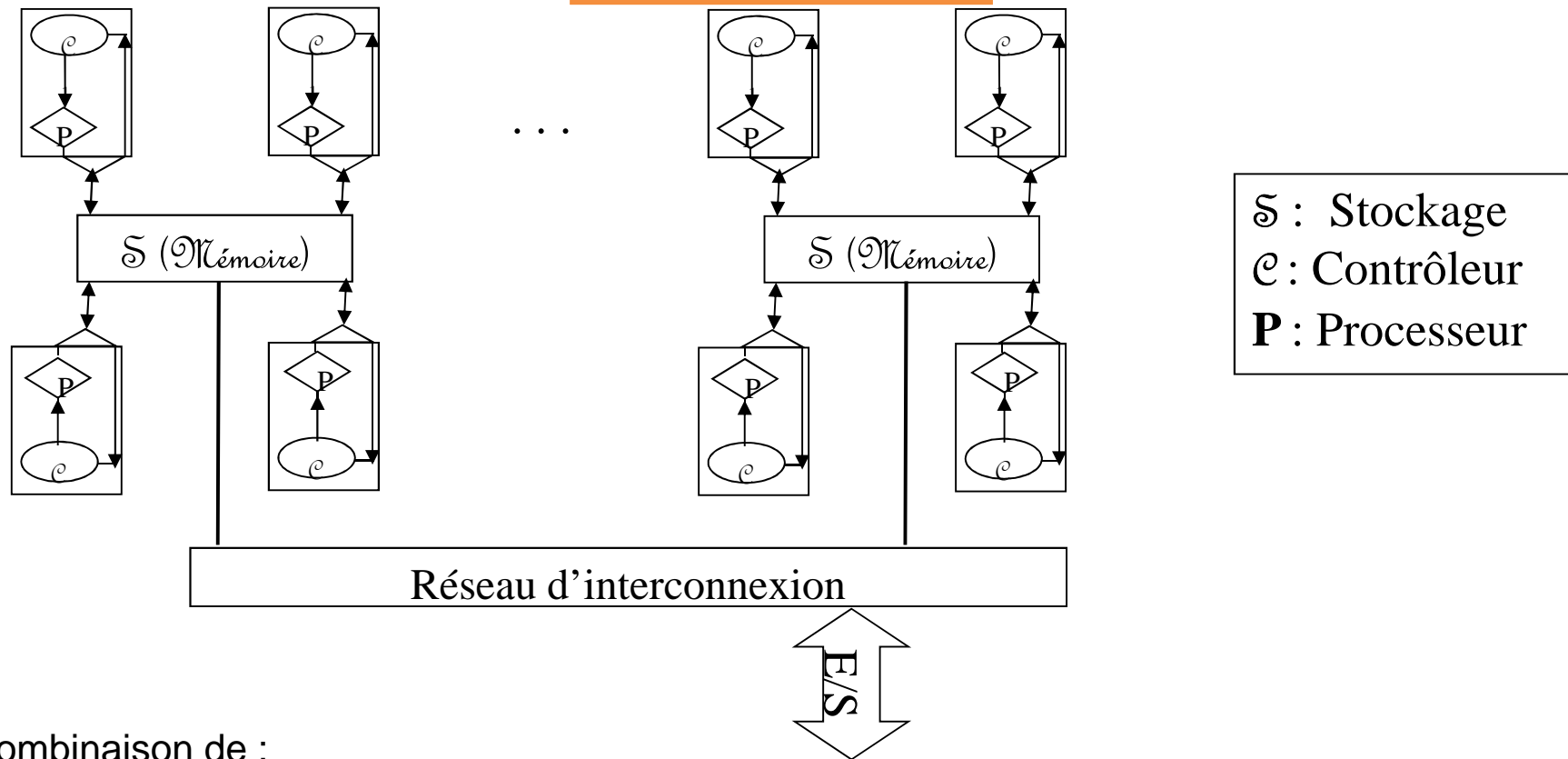
Mémoire partagée/ Mémoire distribuée

Avantages / Inconvénients ?



Machines MIMD : Mémoire

Hybride



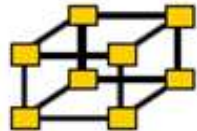
- Combinaison de :
 - l'avantage de la rapidité de communication inter-processeurs dans une machine à mémoire partagée,
 - l'avantage du nombre élevé de processeurs de l'architecture à mémoire distribuée
- plusieurs processeurs partageant une mémoire commune : nœud (grappe)
- l'architecture à mémoire partagée en intra-nœud et l'architecture à mémoire distribuée en inter-nœuds sont assemblées

MIMD Mémoire Hybride : **Exemple**

1997-2002 : SGI-Origin2000

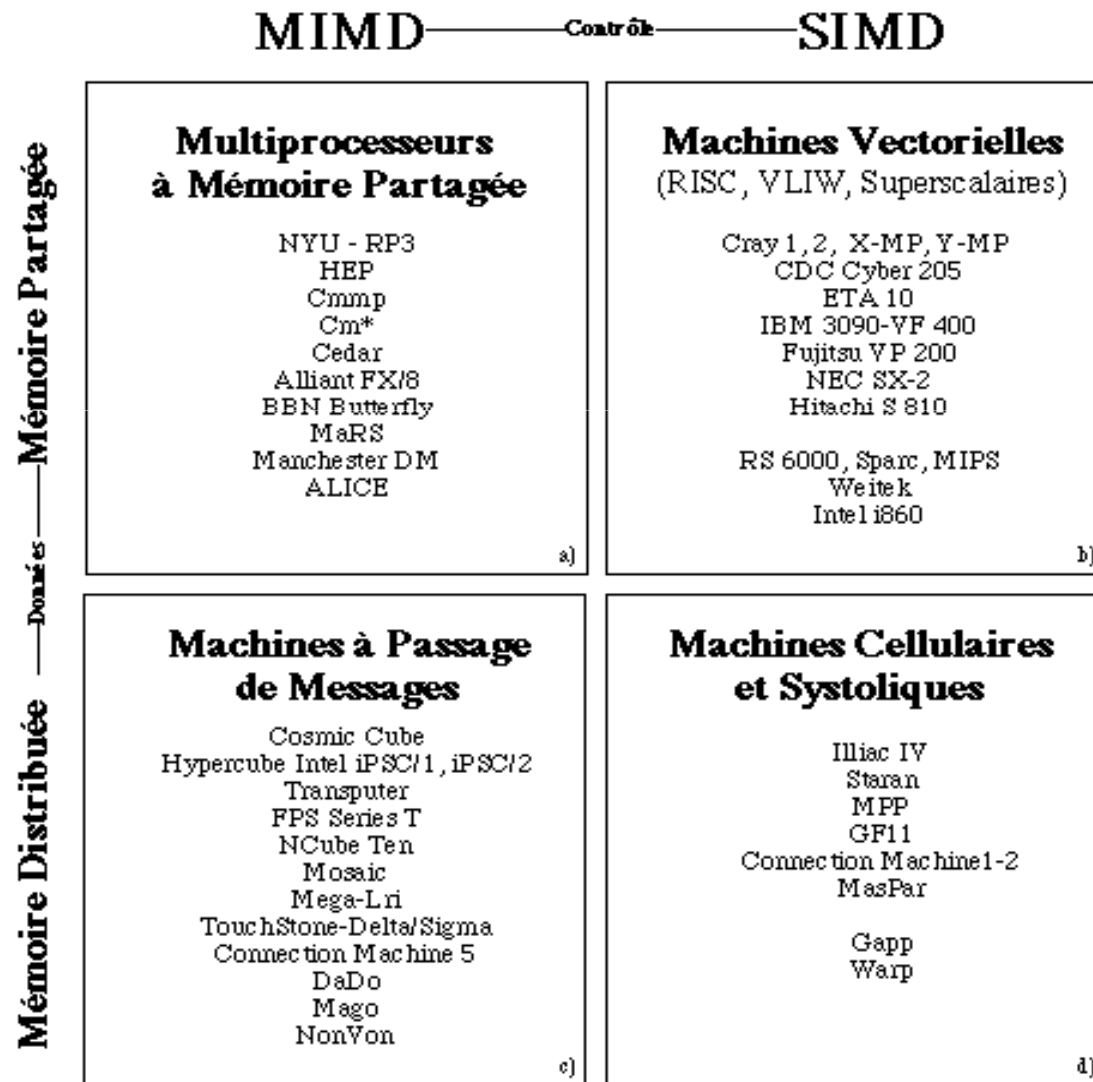
Première architecture DSM commercialisée :
Offre une mémoire partagée et plusieurs centaines de processeurs

SGI-Origin2000 :

- Processeurs : 4 à 512 Mips-R12000 (RISC)
- Réseau hyper-cubique 
- **Mémoire hybride** : distribuée et partagée
 - Implantation Hardware « CC-NUMA »
 - Espace d'@ unique
- Architecture plus extensible que les SMP (limitées en 1996 à 20 procs.)

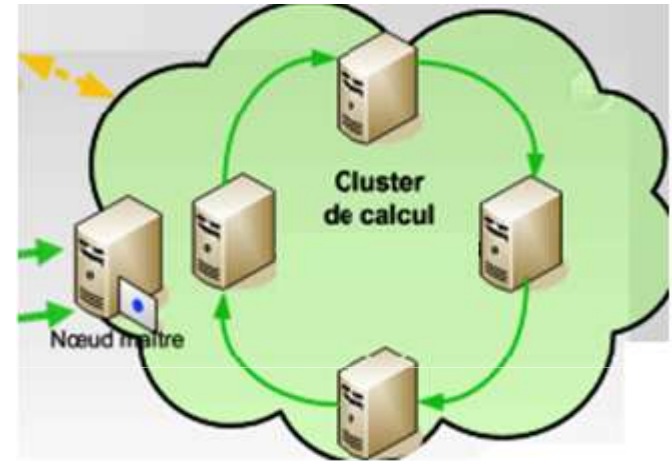


Taxinomie des Architectures

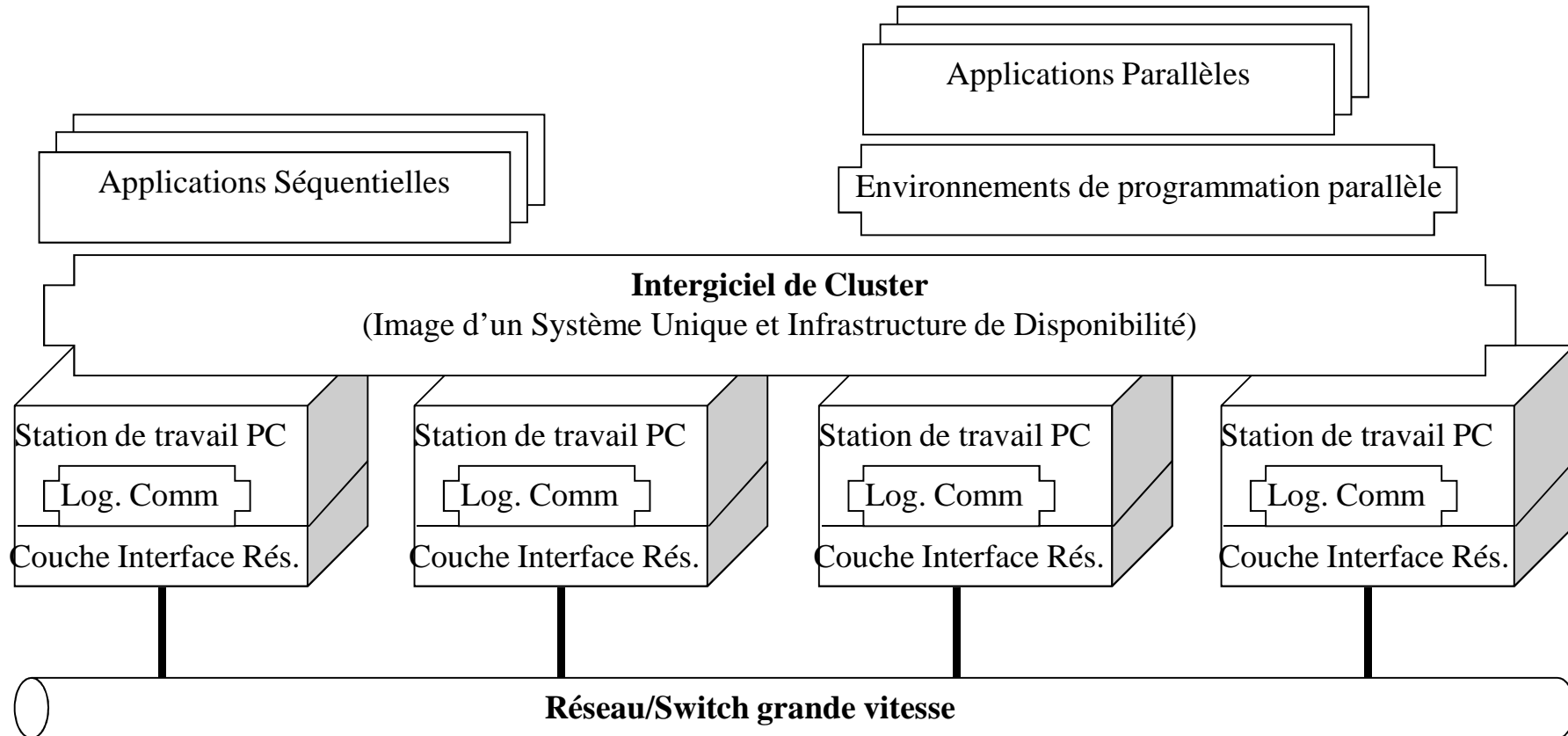


Les clusters (grappes)

- Collection d'ordinateurs autonomes (nœuds) connectés et travaillant ensemble comme une ressource unique et intégrée de calcul
- Nœud = système unique ou multiprocesseur
- Nœuds peuvent être sis dans le même local ou géographiquement séparés et connectés via un LAN
- Composants d'un cluster :
 - Plusieurs ordinateurs haute performance
 - Systèmes d'exploitation
 - Réseaux/Switchs Haute Performance (Gigabit Ethernet et Myrinet)
 - Cartes Interface Réseau
 - Protocoles et Services de Communication rapides (Active et Fast Messages)
 - Intergiciel Cluster
 - Environnements et outils de programmation parallèle (compilateurs)
 - PVM (Parallel Virtual Machine), MPI (Message Passing Interface)
 - Applications (Séquentielles, parallèles ou distribuées)



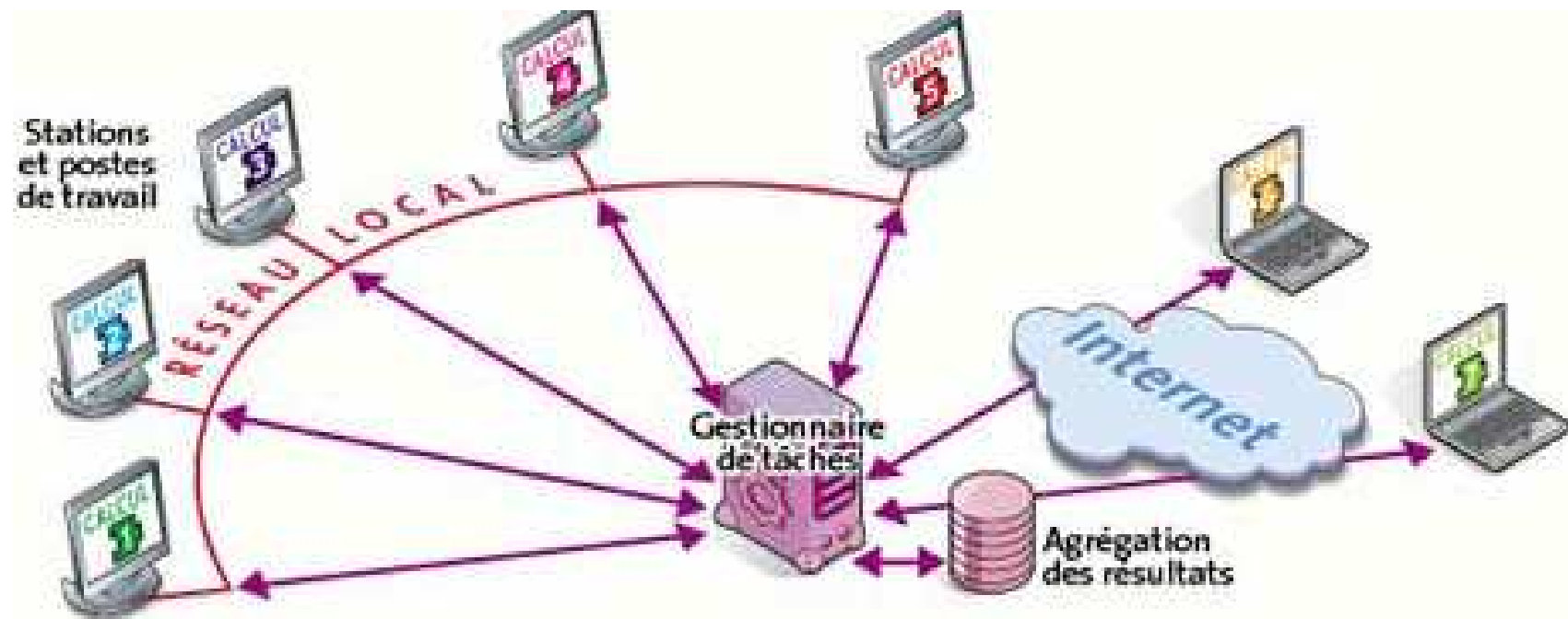
Les clusters (grappes)



Les grilles

- Environnement informatique et de collaboration sans frontière
- Utilisation des cycles CPU durant lesquels les machines sont inactives pour exécuter une application unique
- « Push model » : coordinateur est responsable du partage du travail sur les différentes ressources
- Symétrique : un nœud de la grille peut être à la fois consommateur et producteur

Les grilles (Grids)



Systemes distribuées à grande échelle et Systemes P2P

- SDGE, P2P, SV (Système volontaire), SCG (Système de calcul global)
- Environnements de développement et d'exécution pour les applications sur Internet
- Extension du concept de vol de cycles à l'échelle d'Internet
- Machines volontaires qui se connectent à un serveur pour recevoir des tâches à exécuter
- « Pull model » : demandes périodiques au serveur du travail
- Non symétrique (nœuds volontaires fournissant les ressources informatiques aux projets, et non pas le contraire)
- Distributed.net, SETI@home, XtremWeb

Différences SDGE/P2P/GC

- P2P :
 - Communication directe entre entités d'un réseau sans passer par une autorité centrale
 - Architecture décentralisée
 - Nombre de ressources connectées très élevé (100 000 ressources)
 - Ressources rarement parallèles
 - Volatiles
- SDGE : centralisation
- GC : nombre de ressources connectées pas très élevé

Cloud computing (Informatique dans les nuages)



Cloud computing

- Dispersion par une autorité centrale d'un système d'information sur des infrastructures prises en charge par un ou plusieurs prestataires
- Localisation géographique des ressources virtuellement illimitée
- Virtualisation de plateformes conçues d'emblée pour être mutualisées au travers de vastes grilles de serveurs



Exemples de plateformes : Amazon, Google,
Microsoft,

Les architectures multi-cœurs

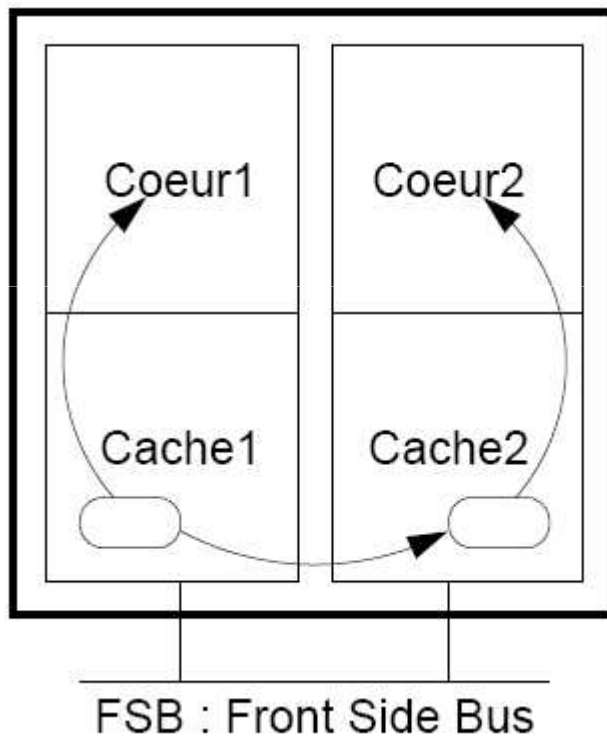
- « multi-cœur » est employé pour décrire un processeur composé d'au moins deux cœurs (ou unités de calcul) gravés au sein de la même puce

➡ multiplier la puissance grâce à une architecture parallèle.
augmenter la puissance de calcul sans augmenter la fréquence d'horloge

- ☐ Les systèmes multiprocesseurs consomment beaucoup **d'énergie** et dégagent beaucoup de **chaleur**;
- ☐ La technologie multicœurs (*multicore* en anglais) permet d'assembler deux cœurs de processeurs côte-à-côte sur le silicium ;
- ☐ **une consommation et un dégagement de chaleur réduits**

Processeurs multicoeurs existants

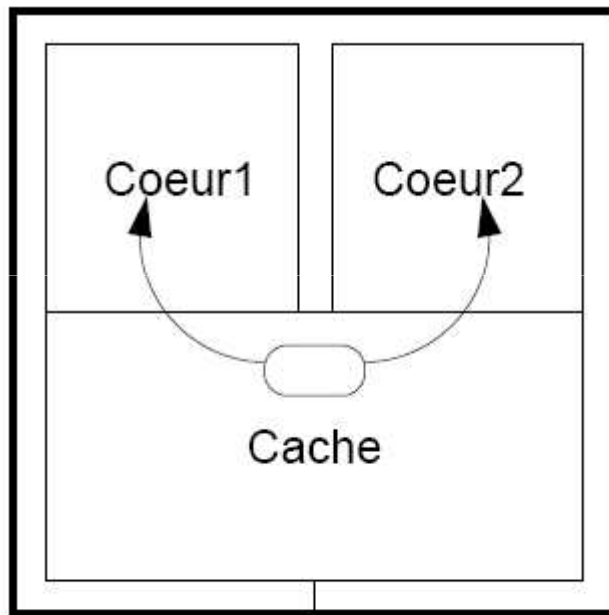
Types d'architectures multicoeurs



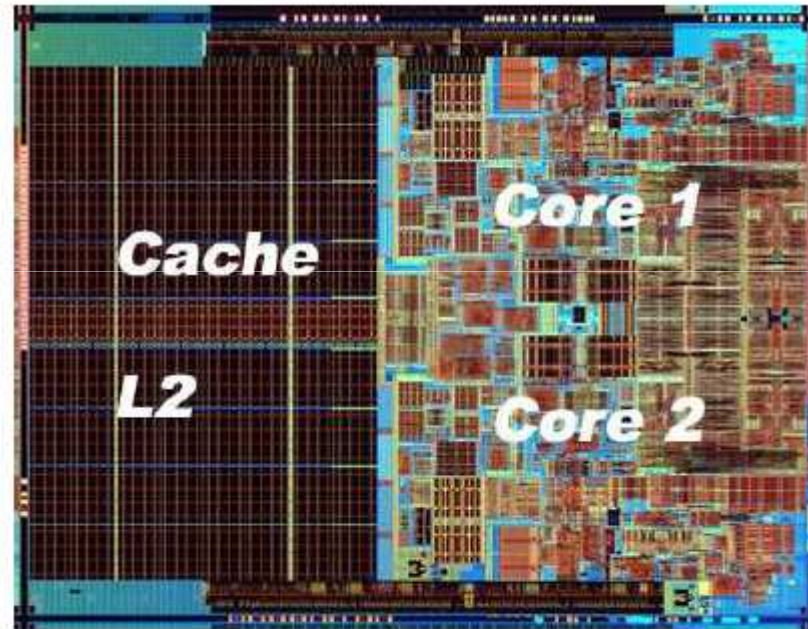
Mémoires caches des cœurs sont distinctes

Processeurs multicoeurs existants

Types d'architectures multicoeurs



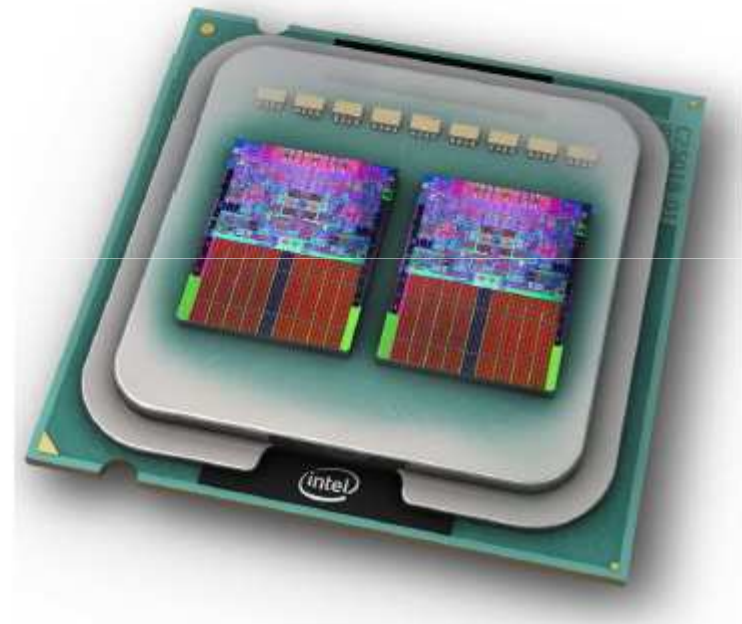
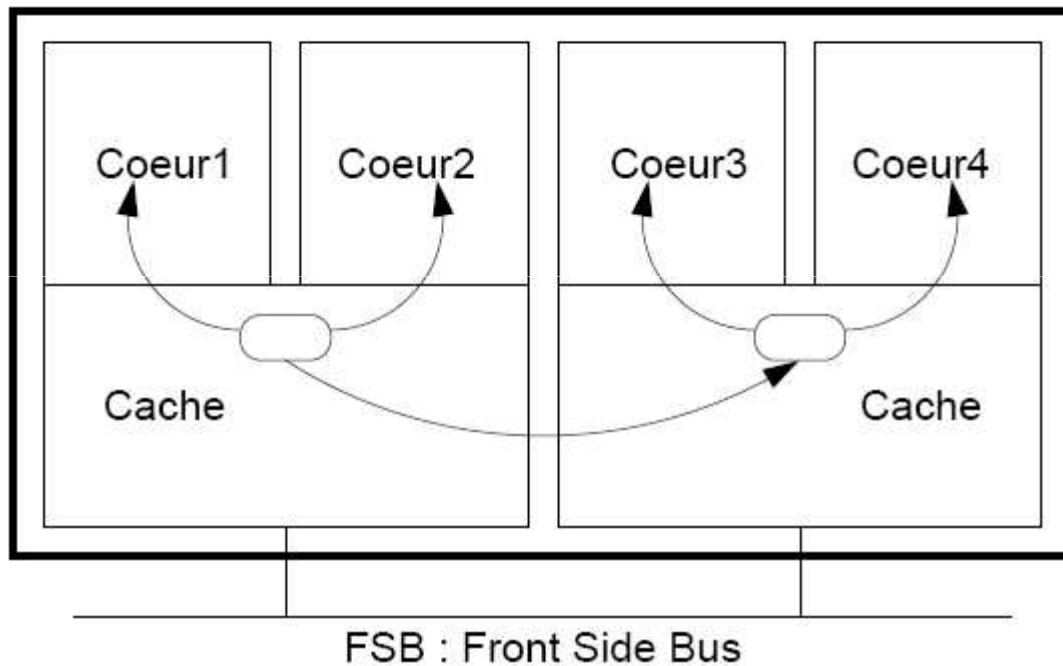
FSB : Front Side Bus



Mémoire cache des cœurs est commune

Processeurs multicoeurs existants

Types d'architectures multicoeurs



Solution « prétendument » Quad-Core d'Intel

Exemples de systèmes multicœurs

- ❑ Les programmes doivent être repensés, dans le cas contraire, ils utilisent seulement un des cœurs.
- ❑ Très peu de logiciels gèrent le bi-cœurs.
- ❑ Les logiciels ne sont pas conçus pour tirer le maximum de cette technologie.
- ❑ Les performances se détacheront nettement dans les applications gourmandes comme les jeux vidéo.
- ❑ Les quadri-cœurs, formés de 4 cœurs, sont entrain de remplacer les bi-cœurs, car le passage à cette architecture ne demande quasiment pas de modification logicielle.