

Chapitre I : **Introduction au calcul à haute performance (HPC)**

SAMI ACHOUR

ISSAT Sousse

AU : 2023-2024(S2)

1 Définition du parallélisme

2 Avantages du parallélisme

3 Domaines d'application

4 Top500

5 Objectifs du cours

- 1 **Définition du parallélisme**
- 2 Avantages du parallélisme
- 3 Domaines d'application
- 4 Top500
- 5 Objectifs du cours

Définition 1

En informatique, le parallélisme consiste à implémenter des architectures d'électronique numérique permettant de traiter des informations de manière simultanée, ainsi que les algorithmes spécialisés pour celles-ci. Ces techniques ont pour but de réaliser le plus grand nombre d'opérations en un temps le plus petit possible.

([http://fr.wikipedia.org/wiki/Parallélisme_\(informatique\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Parallélisme_(informatique)))

Définition 2

Le parallélisme est le fait d'utiliser

Définition 2

Le parallélisme est le fait d'utiliser
un ensemble de processeurs

Définition 2

Le parallélisme est le fait d'utiliser
un ensemble de processeurs
capables de communiquer

Définition 2

Le parallélisme est le fait d'utiliser
un ensemble de processeurs
capables de communiquer
et de coopérer

Définition 2

Le parallélisme est le fait d'utiliser
un ensemble de processeurs
capables de communiquer
et de coopérer
dans le but d'**accélérer la résolution d'un seul problème.**

Définition 2

Le parallélisme est le fait d'utiliser
un ensemble de processeurs
capables de communiquer
et de coopérer
dans le but d'**accélérer la résolution d'un seul problème.**



Le parallélisme pose de nombreuses questions.

Un ensemble de processeurs...

- Combien ?

Un ensemble de processeurs...

- Combien ?
- De quelle puissance ?

Un ensemble de processeurs...

- Combien ?
- De quelle puissance ?
- Que sont-ils capables de réaliser ?

Un ensemble de processeurs...

- Combien ?
- De quelle puissance ?
- Que sont-ils capables de réaliser ?
- Quelle est la taille de leur mémoire associée ?

Un ensemble de processeurs...

- Combien ?
- De quelle puissance ?
- Que sont-ils capables de réaliser ?
- Quelle est la taille de leur mémoire associée ?
- Quelle en est l'organisation ?

Un ensemble de processeurs...

- Combien ?
- De quelle puissance ?
- Que sont-ils capables de réaliser ?
- Quelle est la taille de leur mémoire associée ?
- Quelle en est l'organisation ?
- Comment les entrées/sorties sont-elles réalisées ?

Un ensemble de processeurs...

- Combien ?
- De quelle puissance ?
- Que sont-ils capables de réaliser ?
- Quelle est la taille de leur mémoire associée ?
- Quelle en est l'organisation ?
- Comment les entrées/sorties sont-elles réalisées ?

... capables de communiquer ...

- Comment sont-ils reliés les uns aux autres ?

... capables de communiquer ...

- Comment sont-ils reliés les uns aux autres ?
- Que sont-ils capables d'échanger ?

... capables de communiquer ...

- Comment sont-ils reliés les uns aux autres ?
- Que sont-ils capables d'échanger ?
- Quel est leur protocole d'échange d'informations ?

... capables de communiquer ...

- Comment sont-ils reliés les uns aux autres ?
- Que sont-ils capables d'échanger ?
- Quel est leur protocole d'échange d'informations ?

- Comment synchronisent-ils leurs efforts ?

... et de coopérer ...

- Comment synchronisent-ils leurs efforts ?
- Quel est leur degré d'autonomie ?

... et de coopérer ...

- Comment synchronisent-ils leurs efforts ?
- Quel est leur degré d'autonomie ?
- Comment sont-ils pris en compte par le système d'exploitation ?

... dans le but d'accélérer la résolution d'un seul problème ...

- Quels sont les problèmes à fort potentiel de parallélisme ?

... dans le but d'accélérer la résolution d'un seul problème ...

- Quels sont les problèmes à fort potentiel de parallélisme ?
- Quel est le modèle de calcul utilisé ?

... dans le but d'accélérer la résolution d'un seul problème ...

- Quels sont les problèmes à fort potentiel de parallélisme ?
- Quel est le modèle de calcul utilisé ?
- Quel est le degré de spécialisation des machines à un problème donné ?

... dans le but d'accélérer la résolution d'un seul problème ...

- Quels sont les problèmes à fort potentiel de parallélisme ?
- Quel est le modèle de calcul utilisé ?
- Quel est le degré de spécialisation des machines à un problème donné ?
- Comment choisir les algorithmes ?

... dans le but d'accélérer la résolution d'un seul problème ...

- Quels sont les problèmes à fort potentiel de parallélisme ?
- Quel est le modèle de calcul utilisé ?
- Quel est le degré de spécialisation des machines à un problème donné ?
- Comment choisir les algorithmes ?
- Quelle efficacité peut-on espérer?

... dans le but d'accélérer la résolution d'un seul problème ...

- Quels sont les problèmes à fort potentiel de parallélisme ?
- Quel est le modèle de calcul utilisé ?
- Quel est le degré de spécialisation des machines à un problème donné ?
- Comment choisir les algorithmes ?
- Quelle efficacité peut-on espérer?

Autres questions...

- Comment ces machines se programment-elles ?

Autres questions...

- Comment ces machines se programment-elles ?
- Quels langages faut-il ?

Autres questions...

- Comment ces machines se programment-elles ?
- Quels langages faut-il ?
- Comment exprimer le parallélisme ?

Autres questions...

- Comment ces machines se programment-elles ?
- Quels langages faut-il ?
- Comment exprimer le parallélisme ?
- Cette expression est-elle automatique ou manuelle ?

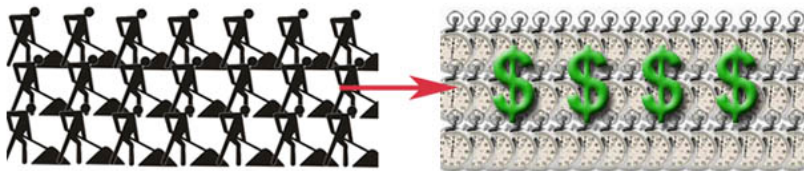
Autres questions...

- Comment ces machines se programment-elles ?
- Quels langages faut-il ?
- Comment exprimer le parallélisme ?
- Cette expression est-elle automatique ou manuelle ?

Liste de questions incomplète...

- 1 Définition du parallélisme
- 2 Avantages du parallélisme**
- 3 Domaines d'application
- 4 Top500
- 5 Objectifs du cours

Gagner du temps et/ou de l'argent



- Des problèmes nécessitant des PetaFLOP de calcul et des PetaØ de stockage.

- Des problèmes nécessitant des PetaFLOP de calcul et des PetaØ de stockage.
- Problèmes "Grand Challenge"
(en.wikipedia.org/wiki/Grand_Challenge).

Résolution de larges problèmes

- Des problèmes nécessitant des PetaFLOP de calcul et des PetaØ de stockage.
- Problèmes "Grand Challenge"
(en.wikipedia.org/wiki/Grand_Challenge).
- Les Moteurs de recherche du web traitent des millions de transactions par seconde.

Surmonter les limites de la loi de Moore

- La puissance des ordinateurs séquentiels augmente de manière régulière (elle double tous les 18 mois).

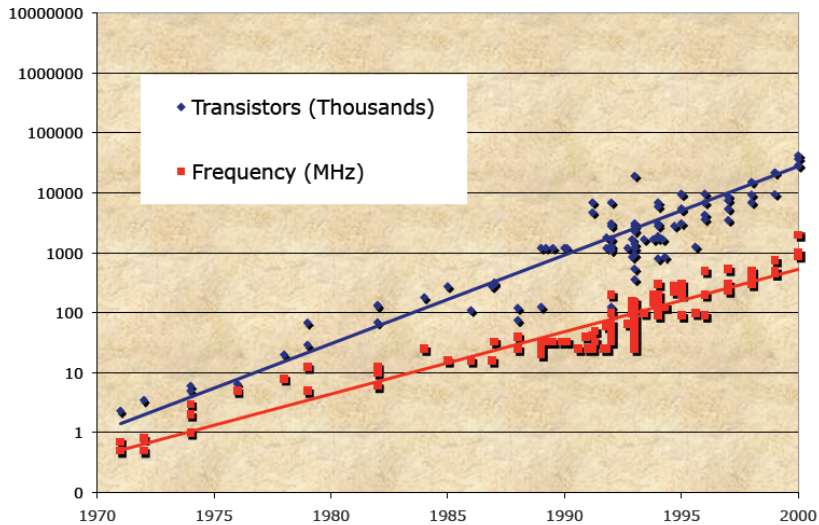
Surmonter les limites de la loi de Moore

- La puissance des ordinateurs séquentiels augmente de manière régulière (elle double tous les 18 mois).
- On pourrait croire qu'elle sera toujours suffisante et que les machines parallèles (ordinateurs multiprocesseurs) sont inutiles.

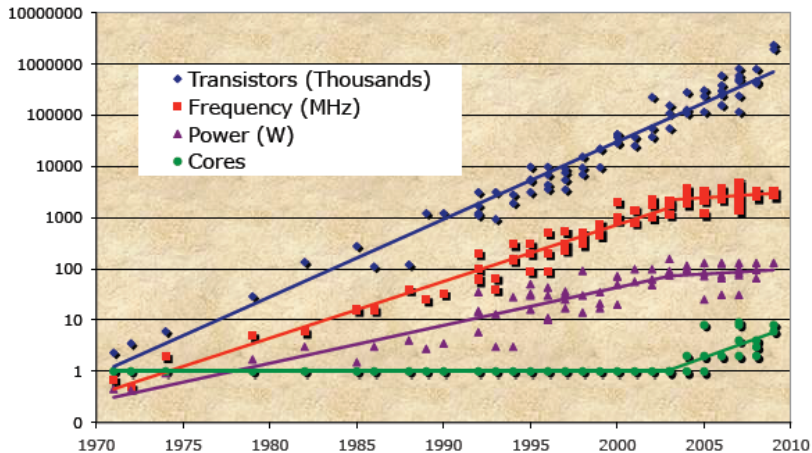
Surmonter les limites de la loi de Moore

- La puissance des ordinateurs séquentiels augmente de manière régulière (elle double tous les 18 mois).
- On pourrait croire qu'elle sera toujours suffisante et que les machines parallèles (ordinateurs multiprocesseurs) sont inutiles.
- Les améliorations futures des vitesses de calcul des processeurs sont limitées par des contraintes : physiques et économiques.
- La loi de Moore continue d'être valide au moins du point de vue performance.

Surmonter les limites de la loi de Moore



Surmonter les limites de la loi de Moore



Utilisation de ressources éparpillés

- Calcul volontaire sur internet pour le compte de projets scientifiques.
- SETI@home (`setiathome.berkeley.edu`) plus de 1.4 million d'utilisateurs de la plupart des pays du monde. Source: `www.boincsynergy.com/stats/` (février, 2015).

Utilisation de ressources éparpillés

- Calcul volontaire sur internet pour le compte de projets scientifiques.
- SETI@home (`setiathome.berkeley.edu`) plus de 1.4 million d'utilisateurs de la plupart des pays du monde. Source: `www.boincsynergy.com/stats/` (février, 2015).
- Einstein@home (`http://einstein.phys.uwm.edu/`) utilise à peu près 4.2 million d'ordinateurs. Source: `www.boincsynergy.com/stats/` (février, 2015)

- 1 Définition du parallélisme
- 2 Avantages du parallélisme
- 3 Domaines d'application**
- 4 Top500
- 5 Objectifs du cours

- "Grand Challenge ":

- "Grand Challenge":
 - Problème fondamental

- "Grand Challenge":
 - Problème fondamental
 - Grands impacts sur l'industrie, la science ou la société

- "Grand Challenge":
 - Problème fondamental
 - Grands impacts sur l'industrie, la science ou la société
 - Solution par l'utilisation du calcul à hautes performances

- "Grand Challenge":
 - Problème fondamental
 - Grands impacts sur l'industrie, la science ou la société
 - Solution par l'utilisation du calcul à hautes performances
- Besoins importants

- "Grand Challenge":
 - Problème fondamental
 - Grands impacts sur l'industrie, la science ou la société
 - Solution par l'utilisation du calcul à hautes performances
- Besoins importants
 - En puissance de calcul
 - En mémoire

Exemples

- Modélisation et simulation
 - Conception aéronautique, dynamique automobile

Exemples

- Modélisation et simulation
 - Conception aéronautique, dynamique automobile
 - Prévision météorologique

Exemples

- Modélisation et simulation
 - Conception aéronautique, dynamique automobile
 - Prévision météorologique
 - Analyse sismique

- Modélisation et simulation
 - Conception aéronautique, dynamique automobile
 - Prévision météorologique
 - Analyse sismique
 - Prospection pétrolière...

Exemples

- Modélisation et simulation
 - Conception aéronautique, dynamique automobile
 - Prévision météorologique
 - Analyse sismique
 - Prospection pétrolière...
- Ingénierie :

Exemples

- Modélisation et simulation
 - Conception aéronautique, dynamique automobile
 - Prévision météorologique
 - Analyse sismique
 - Prospection pétrolière...
- Ingénierie :
 - Génie nucléaire

Exemples

- Modélisation et simulation
 - Conception aéronautique, dynamique automobile
 - Prévission météorologique
 - Analyse sismique
 - Prospection pétrolière...
- Ingénierie :
 - Génie nucléaire
 - Génie chimique

Exemples

- Modélisation et simulation
 - Conception aéronautique, dynamique automobile
 - Prévision météorologique
 - Analyse sismique
 - Prospection pétrolière...
- Ingénierie :
 - Génie nucléaire
 - Génie chimique
 - Robotique

Exemples

- Modélisation et simulation
 - Conception aéronautique, dynamique automobile
 - Prévision météorologique
 - Analyse sismique
 - Prospection pétrolière...
- Ingénierie :
 - Génie nucléaire
 - Génie chimique
 - Robotique
 - Micro-électronique...

Exemples

- Modélisation et simulation
 - Conception aéronautique, dynamique automobile
 - Prévision météorologique
 - Analyse sismique
 - Prospection pétrolière...
- Ingénierie :
 - Génie nucléaire
 - Génie chimique
 - Robotique
 - Micro-électronique...

Exemples

- Calculs symboliques dont :

Exemples

- Calculs symboliques dont :
 - Reconnaissance de la parole

Exemples

- Calculs symboliques dont :
 - Reconnaissance de la parole
 - Vision par ordinateur

Exemples

- Calculs symboliques dont :
 - Reconnaissance de la parole
 - Vision par ordinateur
 - Compréhension du langage naturel

Exemples

- Calculs symboliques dont :
 - Reconnaissance de la parole
 - Vision par ordinateur
 - Compréhension du langage naturel
 - Raisonnement automatique ...

Exemples

- Calculs symboliques dont :
 - Reconnaissance de la parole
 - Vision par ordinateur
 - Compréhension du langage naturel
 - Raisonnement automatique ...
- Recherche médicale ou militaire ...

- 1 Définition du parallélisme
- 2 Avantages du parallélisme
- 3 Domaines d'application
- 4 Top500**
- 5 Objectifs du cours

- Site : www.top500.org

- Site : www.top500.org
- Classification des 500 premières machines du monde

- Site : www.top500.org
- Classification des 500 premières machines du monde
- Liste mise à jour à 2 fois par an (juin et Novembre)

- Site : www.top500.org
- Classification des 500 premières machines du monde
- Liste mise à jour à 2 fois par an (juin et Novembre)
- Classification selon Linpack (benchmark)

- Site : www.top500.org
- Classification des 500 premières machines du monde
- Liste mise à jour à 2 fois par an (juin et Novembre)
- Classification selon Linpack (benchmark)

Top5 - Novembre 2023

Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
1	Frontier - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	8,699,904	1,194.00	1,679.82	22,703
2	Aurora - HPE Cray EX - Intel Exascale Compute Blade, Xeon CPU Max 9470 52C 2.4GHz, Intel Data Center GPU Max, Slingshot-11, Intel DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	4,742,808	585.34	1,059.33	24,687
3	Eagle - Microsoft NDv5, Xeon Platinum 8480C 48C 2GHz, NVIDIA H100, NVIDIA Infiniband NDR, Microsoft Microsoft Azure United States	1,123,200	561.20	846.84	
4	Supercomputer Fugaku - Supercomputer Fugaku, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	7,630,848	442.01	537.21	29,899
5	LUMI - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE EuroHPC/CSC Finland	2,752,704	379.70	531.51	7,107

- 1 Définition du parallélisme
- 2 Avantages du parallélisme
- 3 Domaines d'application
- 4 Top500
- 5 Objectifs du cours**

Objectifs du cours

- Découvrir et comprendre les principales architectures HPC actuellement utilisées.

Objectifs du cours

- Découvrir et comprendre les principales architectures HPC actuellement utilisées.
- Savoir les enjeux de la parallélisation.

Objectifs du cours

- Découvrir et comprendre les principales architectures HPC actuellement utilisées.
- Savoir les enjeux de la parallélisation.
- Maîtriser la parallélisation de programmes séquentiels.
- Avoir une idée sur la programmation de différentes architectures parallèles.