

Fête de la science 2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL, Lénaïc BAGNÈRES, Marine LANDRIEUX

LRI, Université Paris-Saclay, Université Paris-Sud, Inria

11 octobre 2015



université
PARIS-SACLAY



Comprendre le monde,
construire l'avenir®



Besoins des calculs rapides :

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX



- Pour simuler le réel (Puissance de calcul de Météo-France en 2014 : 10^{15} flops)
- Étudier le vivant
- Créer des mondes virtuels
- Concevoir des interfaces homme-machine
- Résoudre les défis industriels et militaires
- Traiter de nombreuses informations



https://fr.wikipedia.org/wiki/Prévision_météorologique

<https://pharmertalk.wordpress.com/2012/03/07/medicine-to-get-smart/>

http://www.hdwallpapers.in/how_to_train_your_dragon_2_2014-wallpapers.html

<http://movieparodie.free.fr/wit2.jpg>

<http://www.gamekult.com/video/star-wars-battle-pod-trailer-dannonce-3050348141v.html>

<http://mediaeducation.fr/programmer-un-robot-en-technologie/.html>

<http://www.industrie-techno.com/sogeti-high-tech-cree-un-centre-de-services-en-simulation-aerodynamique.9789>

<http://www.meteofrance.fr/activites/ameliorer-les-previsions-meteorologiques/une-puissance-de-calcul-sans-cesse-accrue>

L'Ordinateur

L'Ordinateur

L'ENIAC

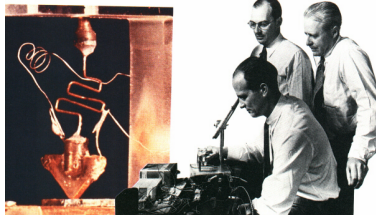
L'EDVAC

Découverte Du Transistor

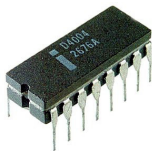
Parallélisme

Conclusion

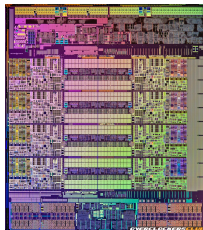
Découverte Du Transistor



16 décembre 1947, découverte du transistor par William SHOCKLEY (*assis*), John BARDEEN (*à gauche*) et Walter BRATTAIN (*à droite*)



- ▶ Intel 4004 (1971)
 - Premier microprocesseur commercialisé
 - 2 300 transistors
 - Performance comparable à l'ENIAC



- ▶ Intel Core i7-5960X (2014)
 - 2,6 milliards de transistors « Tri-Gate 3-D »
 - 8 cœurs de calcul, 16 threads

<http://www.cedmagic.com/history/transistor-1947.html>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Intel_4004

http://www.overclockersclub.com/reviews/iintel_core_i7_5960x_extreme_edition/

Comment utiliser tous ces transistors ?

Comment utiliser tous ces transistors ?

En les faisant travailler **en parallèle**.

PARALLÉLISME AU NIVEAU ÉLÉMENTAIRE

Parallélisme au niveau élémentaire

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

$$\begin{array}{r} 2142 \\ + \quad 73 \\ \hline \end{array}$$

Parallélisme au niveau élémentaire

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

$$\begin{array}{r} 2142 \\ + \quad 73 \\ \hline 5 \end{array}$$

Parallélisme au niveau élémentaire

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2142 \\ + \quad 73 \\ \hline 15 \end{array}$$

Parallélisme au niveau élémentaire

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2142 \\ + \quad 73 \\ \hline 215 \end{array}$$

Parallélisme au niveau élémentaire

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2142 \\ + \quad 73 \\ \hline 2215 \end{array}$$

Parallélisme au niveau élémentaire

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

► Comment faire une addition à plusieurs ?

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

► Comment faire une addition à plusieurs ?

- Une 1^{ère} personne fait la partie de droite
- Une 2^{ème} fait la partie de gauche
en supposant qu'il n'y a pas de retenue
- Une 3^{ème} fait la partie de gauche
en supposant qu'il y a une retenue
- On choisit la bonne partie de gauche selon la retenue de la partie droite

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

Parallélisme au niveau élémentaire

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

$$\begin{array}{r} 1372764327914254 \\ + 2534525581331130 \\ \hline \end{array}$$

Parallélisme au niveau élémentaire

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

$$\begin{array}{r} 1 1 1 1 \\ 1372764327914254 \\ + 2534525581331130 \\ \hline 3907289909245384 \end{array}$$

- ▶ Exploite les capacités de calcul au niveau élémentaire :
 - Utiliser les circuits redondants
 - Occuper l'ensemble du circuit
- ▶ Exemples :
 - Technique de *Carry-select adder* (celle que nous avons utilisée)
 - Technique de *Carry-lookahead adder*, pour accélérer le calcul de la retenue
 - Unités de multiplications, profitant par exemple des séquences de 0 ou de 1 pour calculer plus rapidement

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

PARALLÉLISME D'INSTRUCTION

► Comment produire plusieurs exemplaires plus rapidement ?



◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ≡ ≡ ↺ 🔍 ↻

Parallélisme d'instruction

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

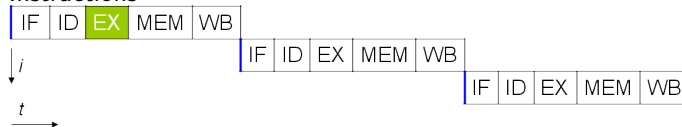


http://fr.lego.wikia.com/wiki/Fichier:Série_5_Étudiant_diplômé.jpg

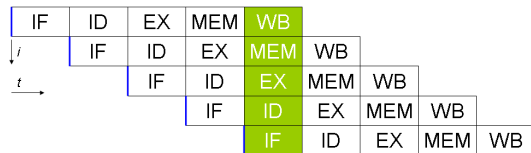
Parallélisme d'instruction

- ▶ Les exécutions des instructions sont décomposées et réalisées en pipeline

Instructions



Pipeline d'instructions



- ▶ Première utilisation dans l'IBM Stretch (1958)
- ▶ Présent dans tous les processeurs d'aujourd'hui
- ▶ Processeur Intel Pentium 4 : pipeline de 20 étages
- ▶ Inspiré des lignes de montages
(mise au point par Henry Ford en 1906)

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire
d'instruction

de tâche

de données
spécifique

Conclusion

PARALLÉLISME DE TÂCHE

**Comment partager le travail et échanger les résultats
pour résoudre rapidement un problème à plusieurs ?**

Exemple : Comment faire une somme à plusieurs ?

Parallélisme de tâche

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

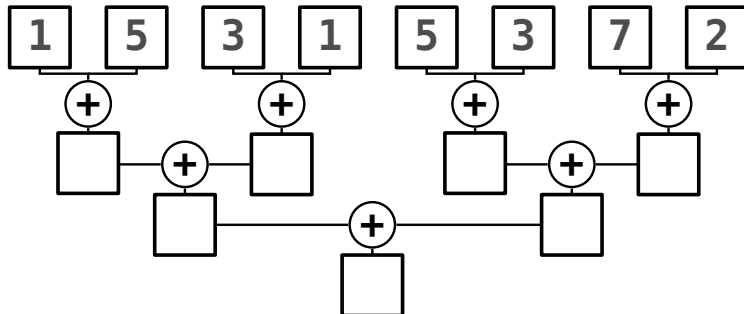
de données

spécifique

Conclusion



Parallélisme de tâche

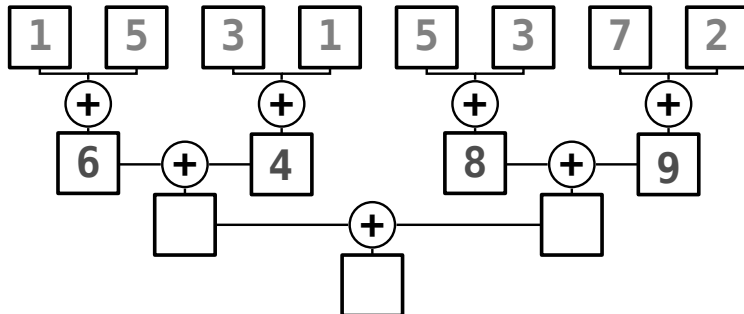


au niveau élémentaire

d' instruction

de tâche

spécifique



Parallélisme de tâche

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

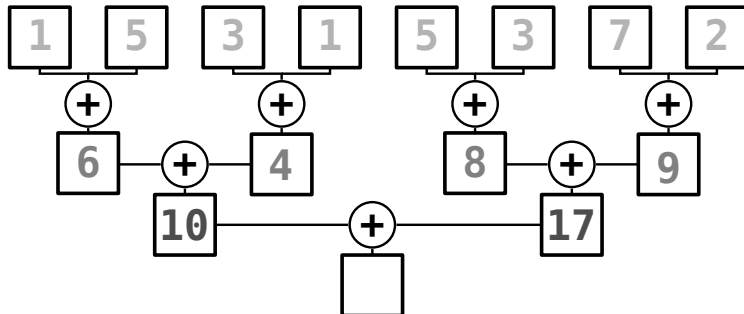
d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion



Parallélisme de tâche

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

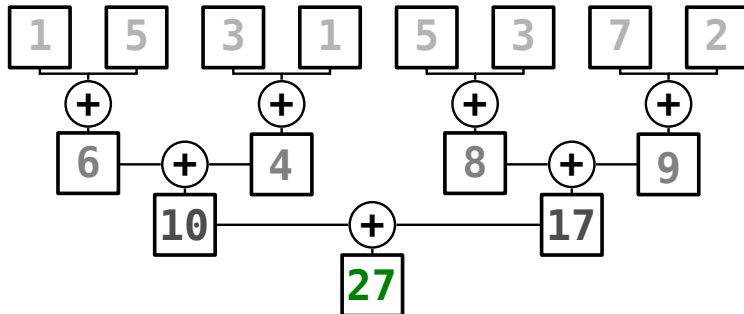
d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion



Parallélisme de tâche

- ▶ Big Buck Bunny (2008) :
 - Durée : 9 minutes et 56 secondes
 - Rendu : 50 000 heures de calcul par des centaines de stations Solaris du Sun Grid Engine de Sun Microsystems



L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire
d'instruction
de tâche
de données
spécifique

Conclusion

PARALLÉLISME DE DONNÉES



► Écran :

Résolution : 2 560 pixels par 1 600

Fréquence d'affichage : 60 images par seconde

Nombre de pixels à dessiner : 245 760 000 pixels par seconde

Parallélisme de données

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX



L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

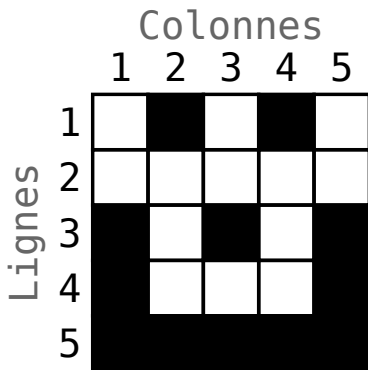
de données

spécifique

Conclusion

https://fr.wikipedia.org/wiki/Oxygen_Project

Algorithme :



- ▶ Si ligne = 1 et colonne paire *alors*
 - case noire
- ▶ Sinon Si ligne = 3 et colonne impaire *alors*
 - case noire
- ▶ Sinon Si ligne > 3 et case sur bord *alors*
 - case noire
- ▶ Sinon
 - case blanche

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire
d'instruction
de tâche
de données
spécifique

Conclusion

Parallélisme de données

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire
d'instruction
de tâche
de données
spécifique

Conclusion

- ▶ Propriétés :
 - Calculs identiques (même algorithme)
 - Données différentes
- ▶ Utilisé sur les :
 - Processeur avec extension SIMD
 - Carte graphique, GPGPU (3072 cœurs pour la Nvidia GTX Titan X)



<http://newsroom.intel.com/docs/DOC-3126>

<http://www.materiel.net/carte-graphique/msi-radeon-r9-380-gaming-4-go-117184.html>

<http://www.tomshardware.fr/articles/nvidia-geforce-gtx-titan-x-gm200,2-2370.html>

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

PARALLÉLISME SPÉCIFIQUE

Parallélisme spécifique

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

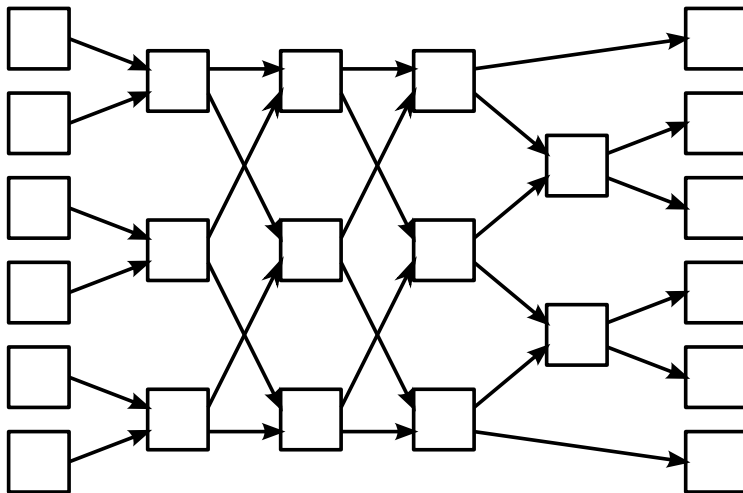
- ▶ Certains problèmes ont des solutions rapides spécifiques.
- ▶ Exemple : Comment trier des mots rapidement ?

au niveau élémentaire

d'instruction

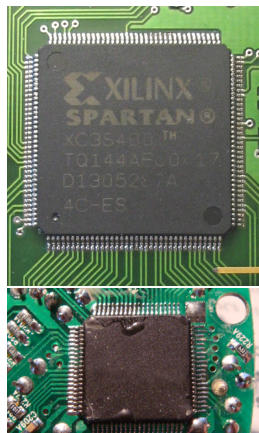
de tâche

spécifique



Parallélisme spécifique

- ▶ Circuit logique programmable (FPGA)
 - (petits volumes, < 10 000 unités)
- ▶ Circuit intégré propre à une application (ASIC)
 - (gros volumes, > 100 000 unités)
- ▶ Exemples d'applications :
 - Chiffrement, déchiffrement
 - Détection d'erreurs
 - Détection radar
 - Traitement du signal



L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

- ▶ Les ordinateurs font beaucoup de choses en même temps
- ▶ Différents parallélismes :
 - élémentaire, pour les calculs de base
 - d'instruction, pour en traiter plusieurs en même temps
 - de tâche, pour faire de grands travaux à plusieurs ordinateurs
 - de donnée, quand le travail peut se découper facilement
 - spécifique, quand c'est possible et utile
- ▶ Notre métier : trouver le parallélisme :
 - le plus rapide
 - le plus efficace
 - au meilleur coût

Fête de la science 2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL, Lénaïc BAGNÈRES, Marine LANDRIEUX

LRI, Université Paris-Saclay, Université Paris-Sud, Inria

11 octobre 2015



université
PARIS-SACLAY



Comprendre le monde,
construire l'avenir®

