

Besoins des calculs rapides :



- ▶ 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

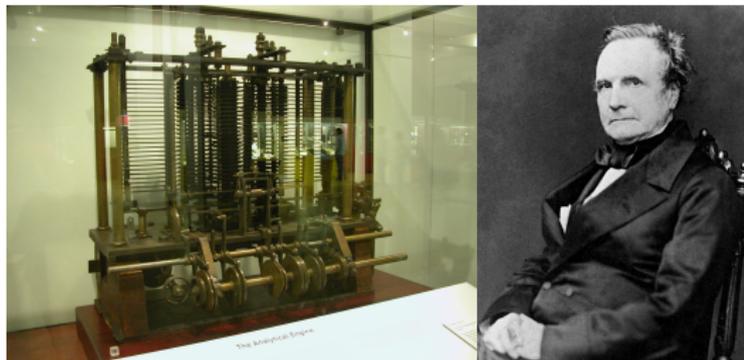
L'Ordinateur
L'ENIAC
L'EDVAC
Découverte Du Transistor

Parallélisme

Conclusion

- ▶ Ordinateur :
 - Machine électronique
 - qui exécute des programmes
 - pour effectuer des calculs

- ▶ Caractéristiques :
 - automatique
 - rapide
 - (relativement) fiable
 - mais pas très doué



Machine à calculer conçut de 1834 à 1837 par Charles BABBAGE (1791-1871)

- Entièrement mécanique
- 50 000 pièces
- 3 tonnes (3 000 kilogrammes)
- Précision de 50 décimales
- Mémoire de 1 000 nombres

L'Ordinateur

L'Ordinateur

L'ENIAC

L'EDVAC

Découverte Du Transistor

Parallélisme

Conclusion

L'EDVAC

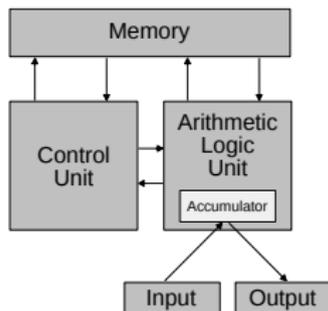


► L'EDVAC (1949-1961) :

- premier ordinateur à programme mémorisé
- 7,850 tonnes (7 850 kilogrammes), 45,5 m², 6 000 tubes à vide

► Architecture dite de (John) VON NEUMANN (1945) :

- Base de la conception des ordinateurs
- Toujours utilisée dans les ordinateurs modernes



L'Ordinateur

L'Ordinateur

L'ENIAC

L'EDVAC

Découverte Du Transistor

Parallélisme

Conclusion

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

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

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

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

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

- ▶ **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

$$\begin{array}{r} 1111 \\ 1372764327914254 \\ + 2534525581331130 \\ \hline 3907289909245384 \end{array}$$

Parallélisme au niveau élémentaire

- ▶ 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

PARALLÉLISME D'INSTRUCTION

Parallélisme d'instruction

Fête de la science
2015 - Coopérons :)

Cédric BASTOUL,
Lénaïc BAGNÈRES,
Marine LANDRIEUX

- ▶ Comment produire plusieurs exemplaires plus rapidement ?



L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion

<http://cetm.cuisineblog.fr/381969/donuts-miam-viva-america-lol/>
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Krispy_Kreme_Doughnuts.jpg

Parallélisme d'instruction

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion



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

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

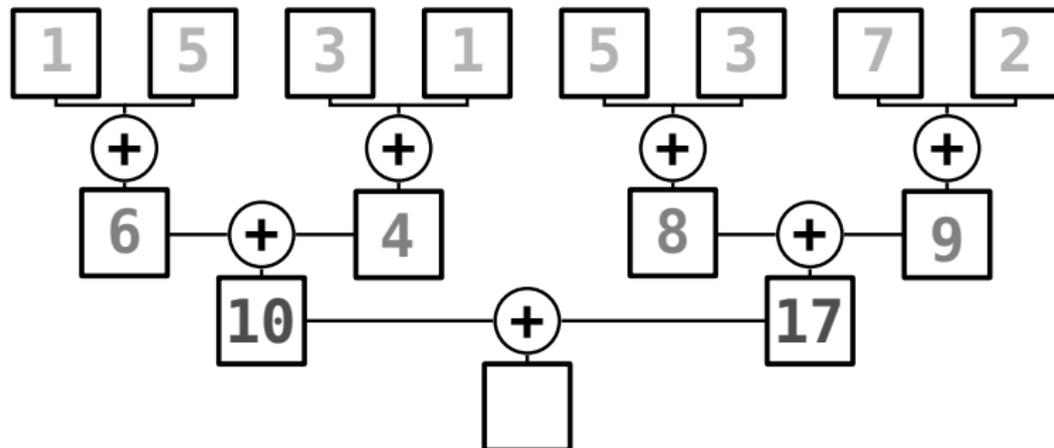
d'instruction

de tâche

de données

spécifique

Conclusion



Parallélisme de tâche

L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire

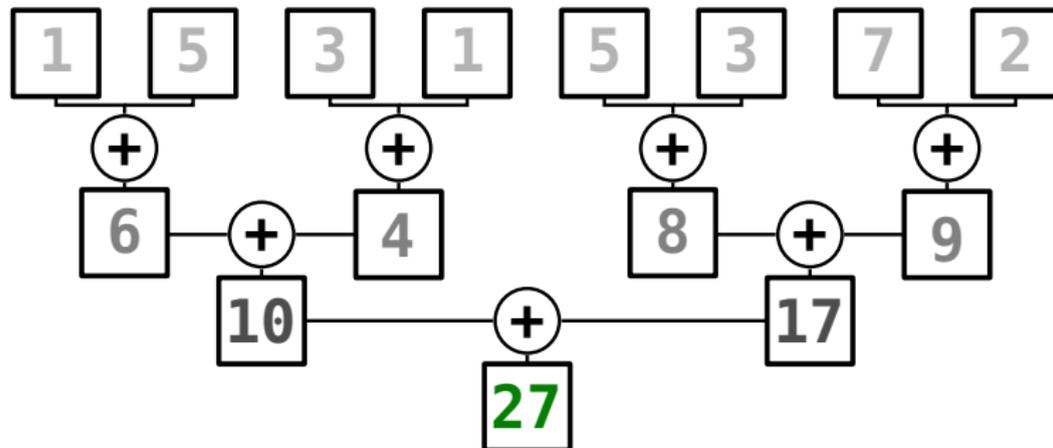
d'instruction

de tâche

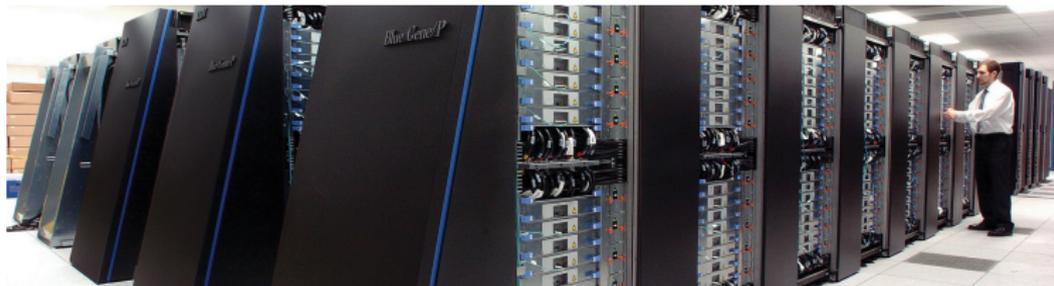
de données

spécifique

Conclusion



Parallélisme de tâche



L'Ordinateur

Parallélisme

au niveau élémentaire
d'instruction

de tâche

de données
spécifique

Conclusion

- ▶ Le programme est divisé en plusieurs tâches
- ▶ Les tâches sont exécutées en même temps
- ▶ Utilisé pour les :
 - processeurs multi-cœur (généralisés en 2005)
 - clusters / supercalculateurs (ordinateurs identiques en réseau)
- ▶ Les communications sont lentes par rapport au calcul :
tout doit être judicieusement équilibré

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

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



► 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

Parallélisme de données

Algorithme :

	Colonnes				
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

- ▶ 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

Parallélisme de données

Algorithme :

		Colonnes				
		1	2	3	4	5
Lignes	1		■		■	
	2					
	3	■		■		■
	4	■				■
	5	■				■

▶ 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

Parallélisme de données

- ▶ 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/D0C-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

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

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



- ▶ 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

