

Calcul Haute Performance

Programmation
des
architectures parallèles

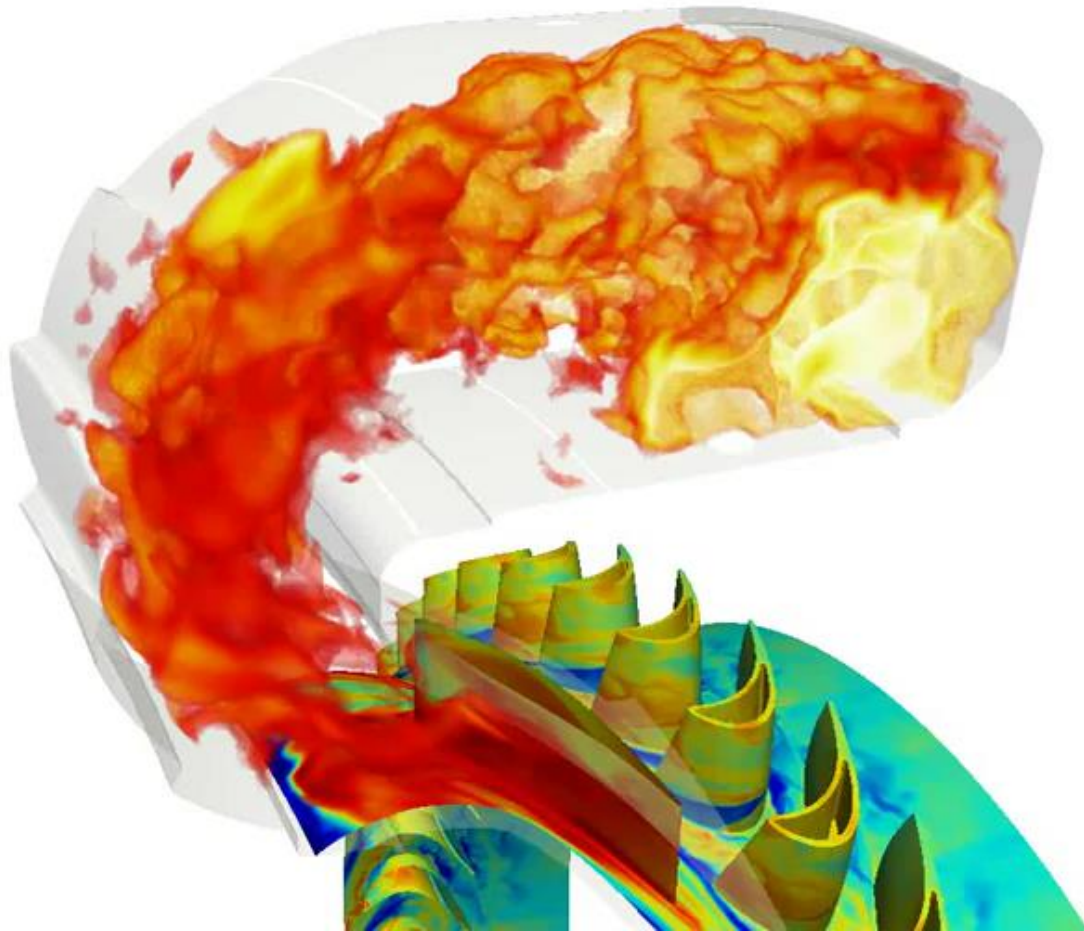
Pourquoi calculer en parallèle ?

- Gagner du temps
 - Gagner en précision (simulation, jeu vidéo)
 - Prendre des décisions plus vite que les autres (finance)
 - Faire plus de tests (simulation, cryptanalyse)
- Traiter des *gros* problèmes (simulation scientifique, big data)
 - Dépasser les limites d'une seule machine

Aujourd'hui la simulation haute performance est incontournable

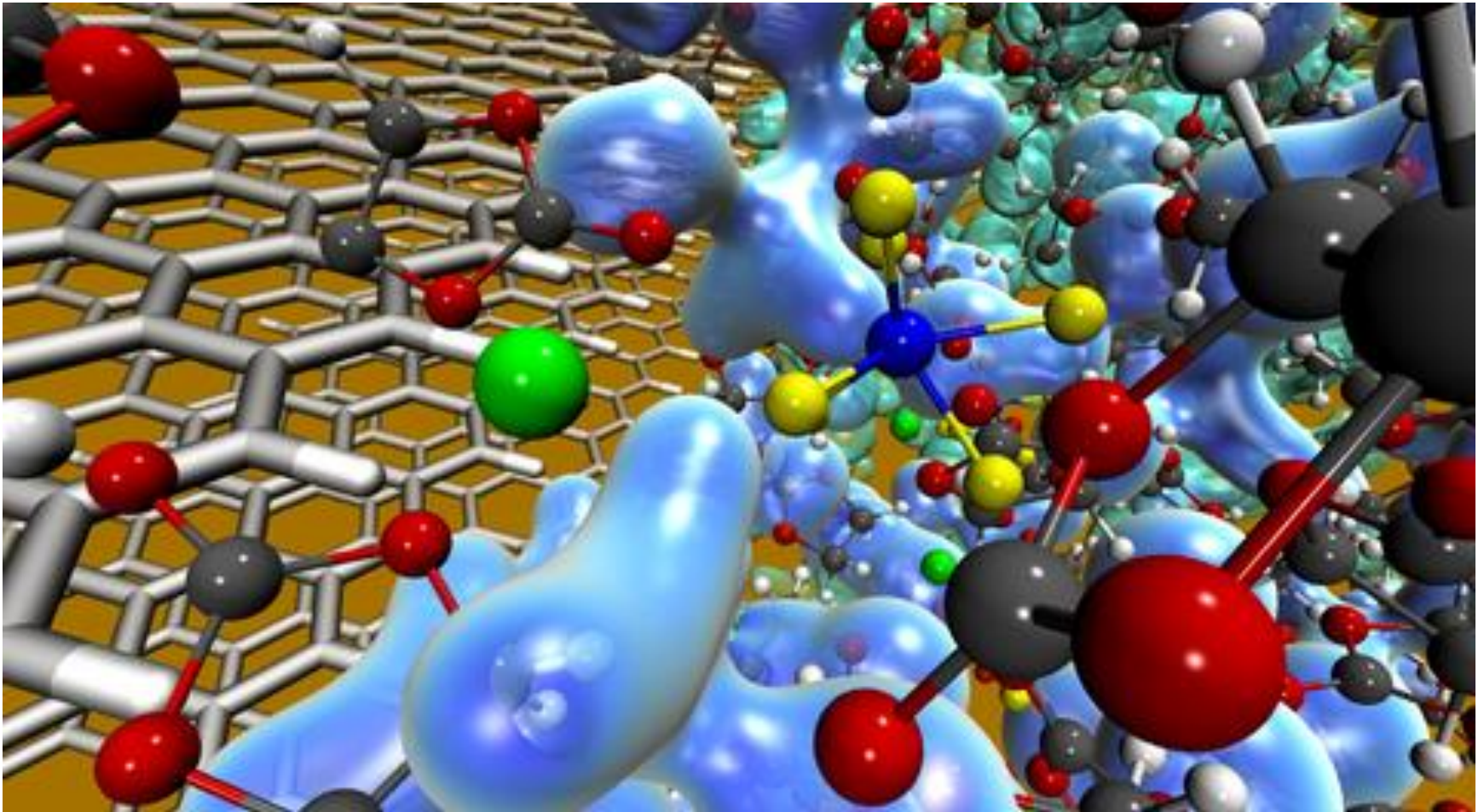
- Pour la recherche fondamentale : *troisième pivot* de la science
- Pour l'industrie : maquette numérique
 - Facilite le travail collaboratif des ingénieurs → plus d'innovation
 - Facilite le test et la fabrication → conception plus robuste
 - réduire le « *time to market* »

Simulation d'une chambre de combustion et du premier étage d'une turbine



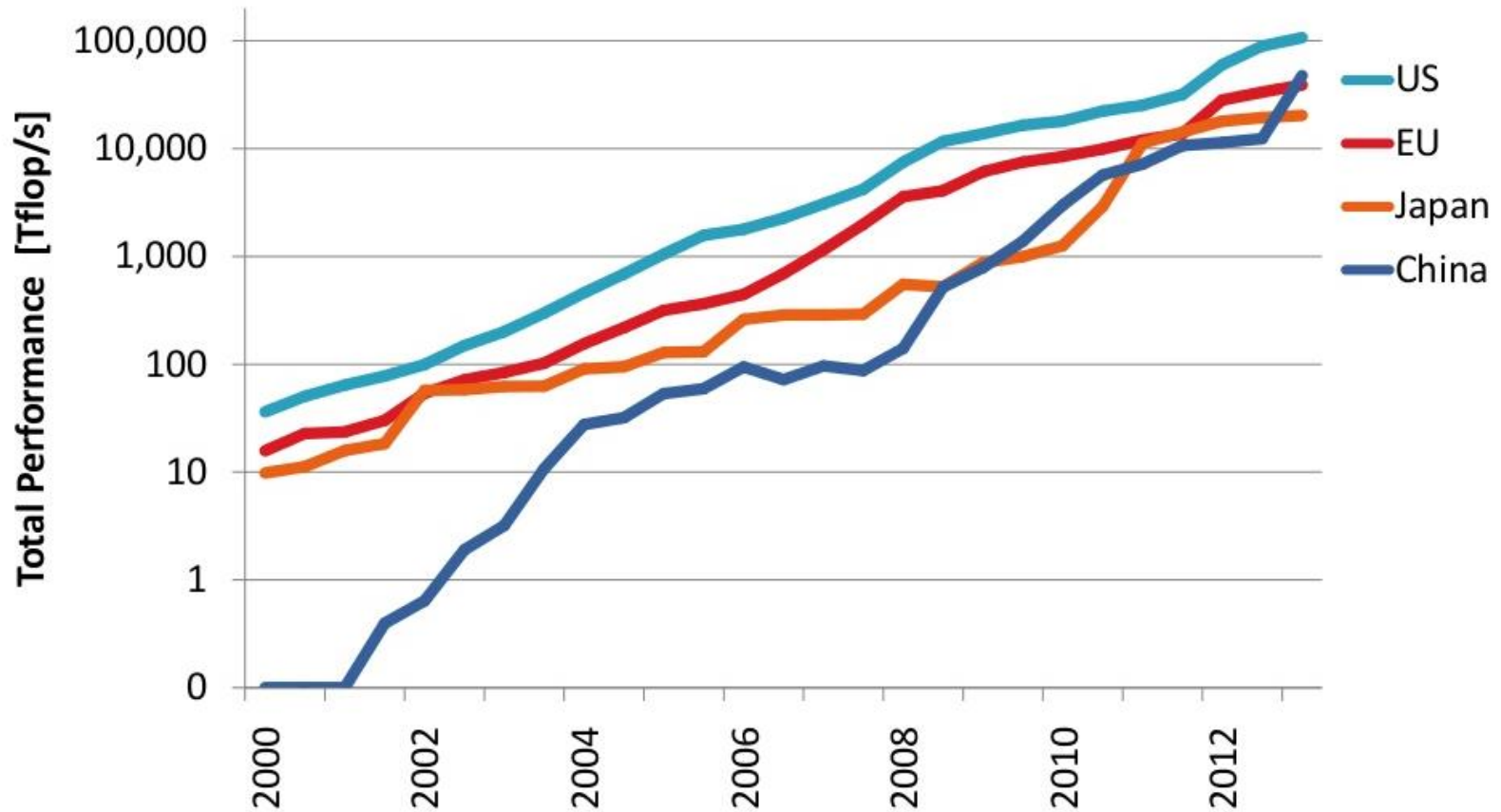
Turbomeca + cerfacs

Simulation de l'anode d'une batterie lithium-ion



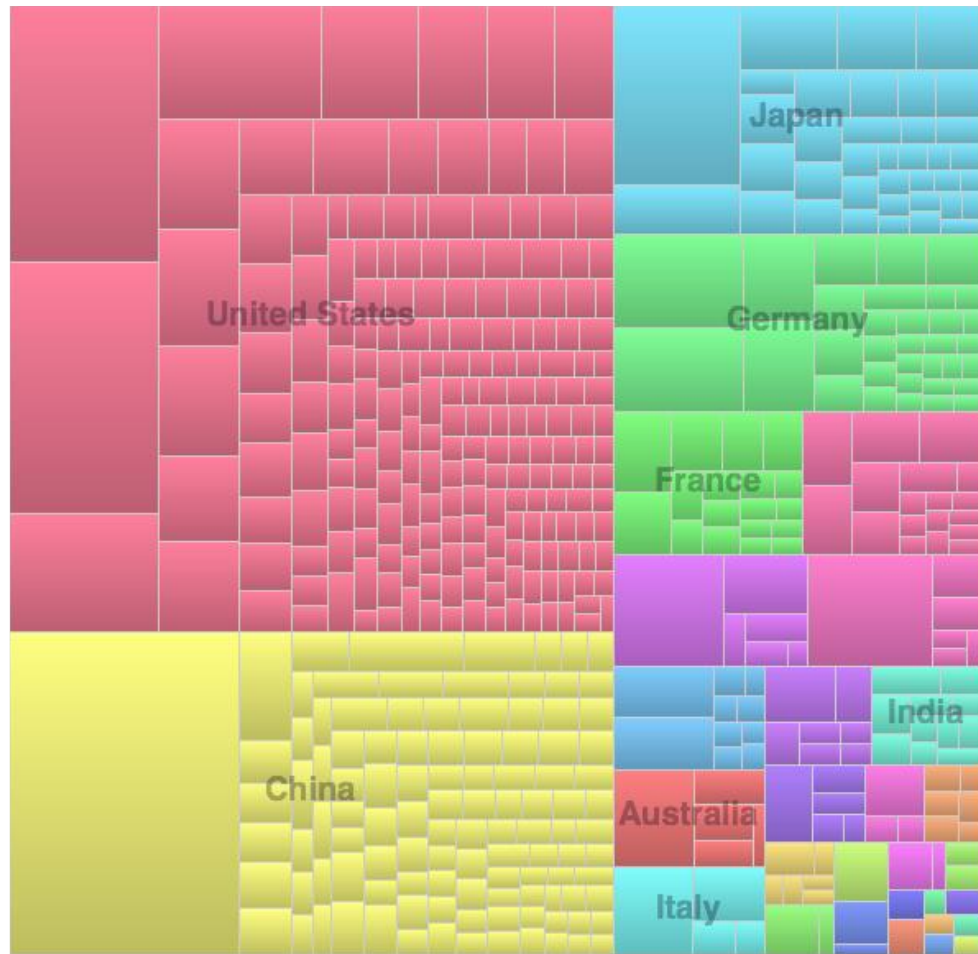
1 mois de calcul sur 64 000 processeurs pour simuler
les interactions de 1700 atomes durant 25 pico secondes

Compétition internationale



Qui possède les plus grosses plateformes de calcul ?

TOP 500 novembre 2015



天河二號 (rivière céleste = voie lactée)

Université de la technologie de la défense de Changha

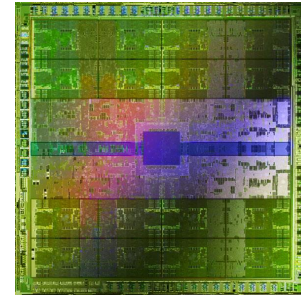
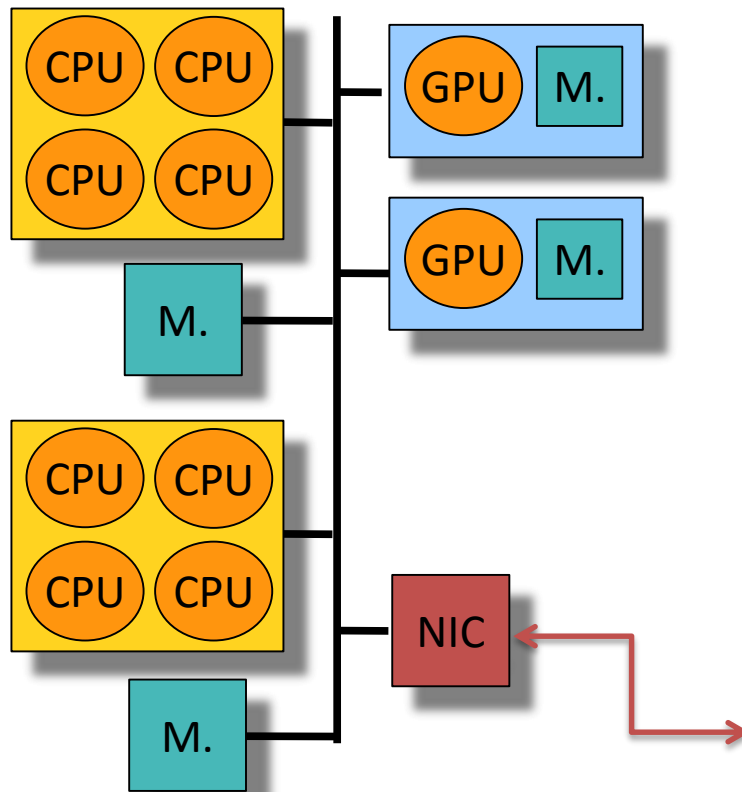


33 860 000 000 000 000 instructions par seconde

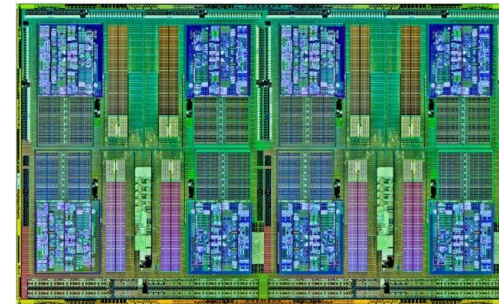
32 000 processeurs Ivy Bridge + 48 000 accélérateurs xeon phi

3 132 000 cœurs -

Un serveur de calcul



GPU à 2800
unités de calcul

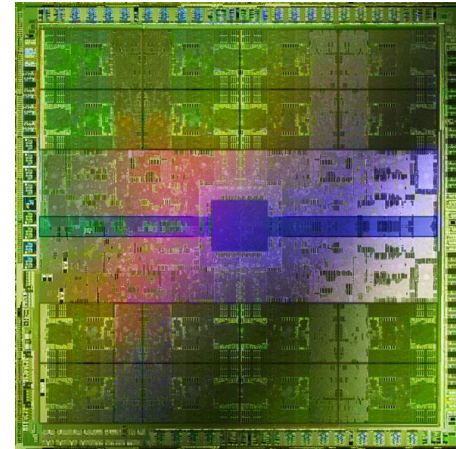
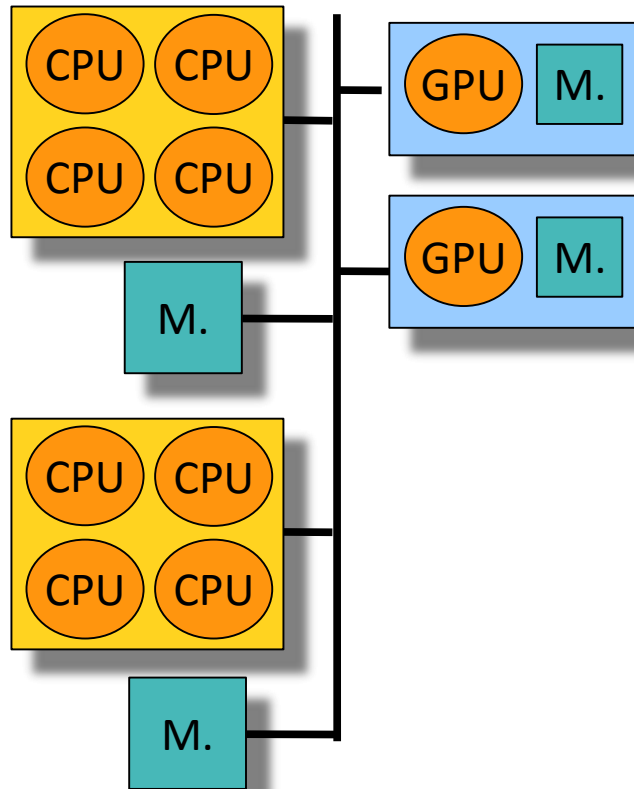


Processeur
à 12 cœurs



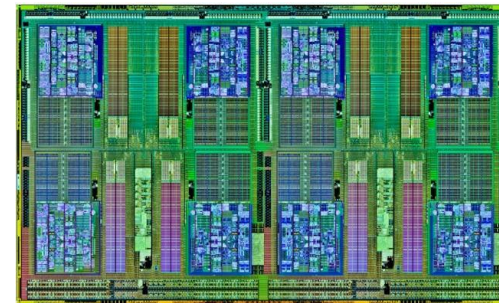
Carte réseau
Rapide 100 Gb/s

Performances



1 430 Gflop/s

GPU à 2800 unités de calcul



240 GFlop/s

Processeur à 12 cœurs

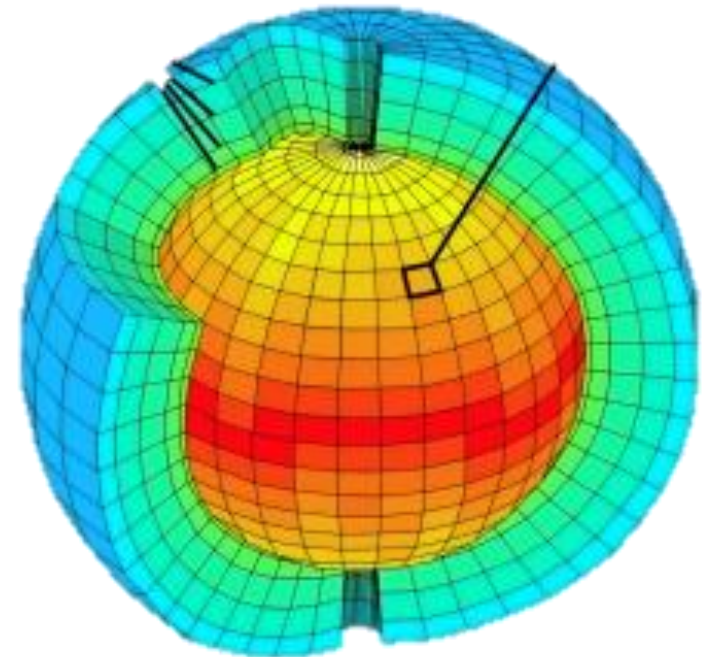
Modélisation météorologique

Objectif : calculer humidité, pression, température et vitesse du vent en fonction de x, y, z et t .

Résolution d'un système dynamique *impossible* à résoudre *formellement*

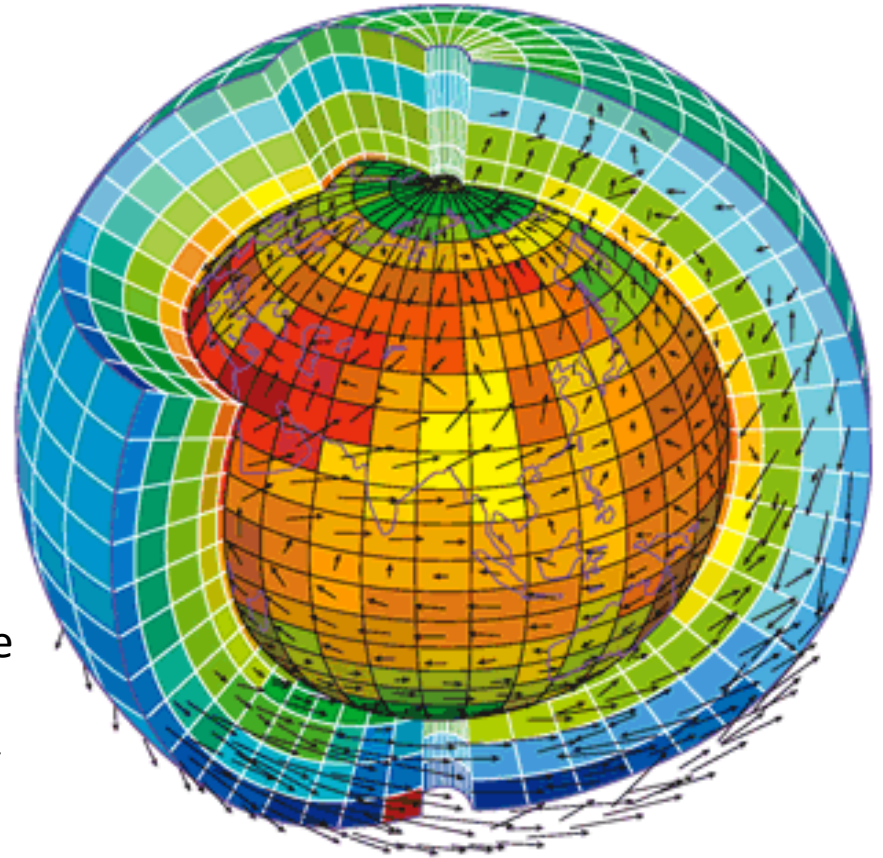
Simulation numérique déterministe :

- Discrétiser l'espace
 - Exemple imaginaire : 1 point pour 2km^3 sur 20 km d'atmosphère $\Rightarrow 5 \cdot 10^9$ points
- Initialiser le modèle
 - Interpoler les valeurs manquantes



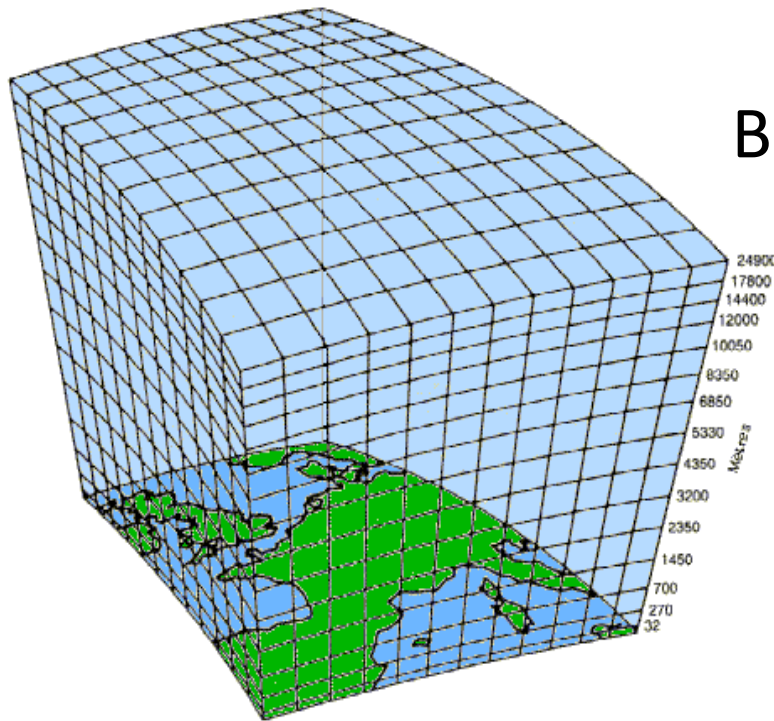
Modélisation météorologique

- Faire évoluer le modèle
 - Discrétiser le temps
 - Ex: calculer par pas de 60 secondes
 - Résoudre pour chaque maille le système d'équations
 - calculer l'état suivant d'une maille en fonction de son voisinage, de l'apport solaire, de la rotation de la terre
 - Coût imaginaire : 100 FLOP / maille



Modélisation météorologique

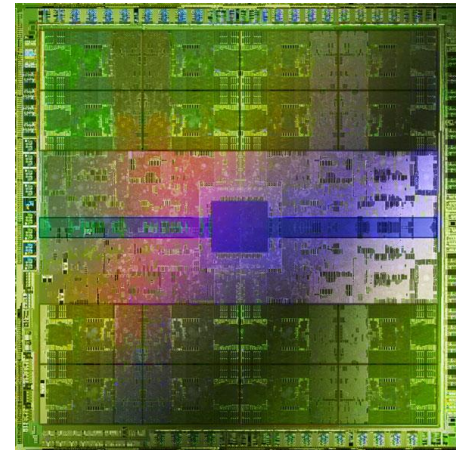
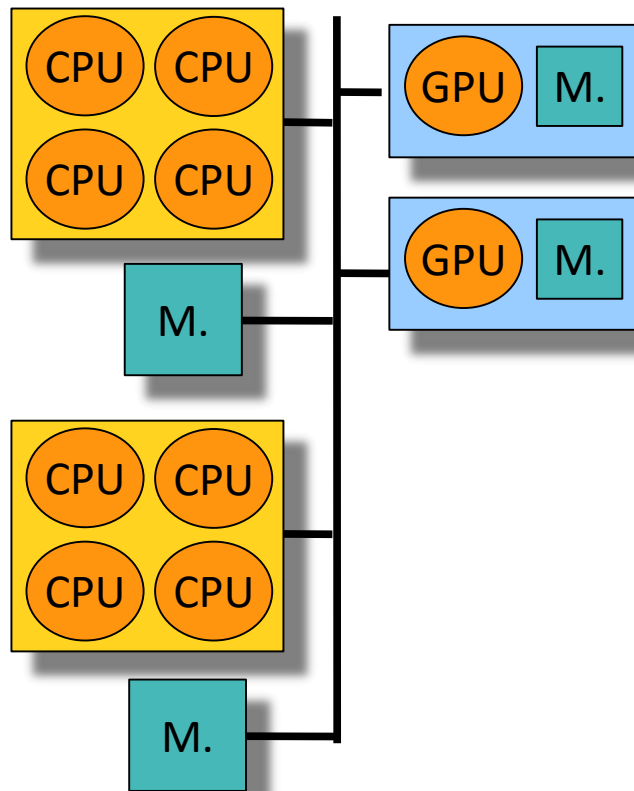
1 pas de calcul coûte $5 \cdot 10^{11}$ flop



Besoin en calcul d'une simulation:

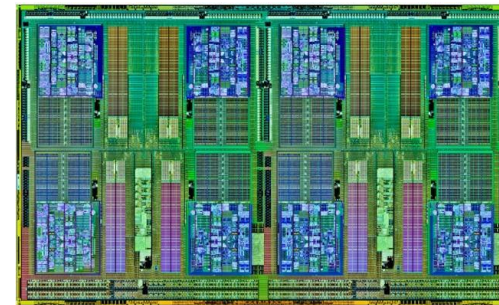
- Temps réel : 1 pas en 60s
 - $5 \cdot 10^{11} / 60 = 8$ Gflop/s
- Prévision : 7 jours en 1h
 - $7 * 24 * 8 = 1344$ Gflop/s
- Climatologie (farfelue) : 50 ans en 30 jours
 - 4.8 Tflop/s

Performance d'un PC sur-vitaminé



1 430 Gflop/s

GPU à 2800 unités de calcul

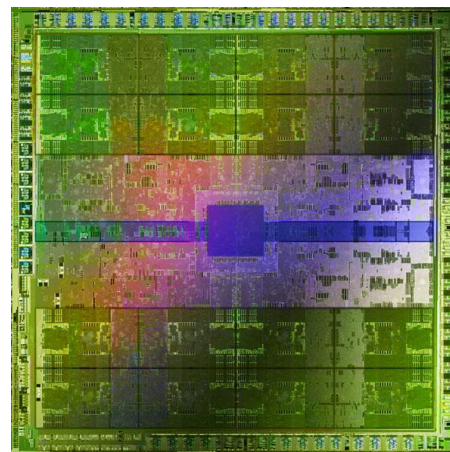
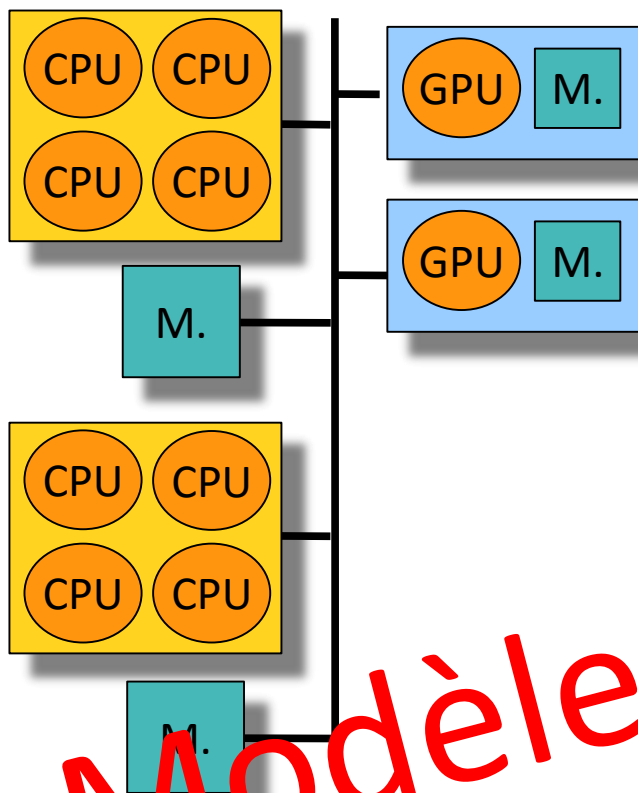


240 GFlop/s

Processeur à 12 cœurs

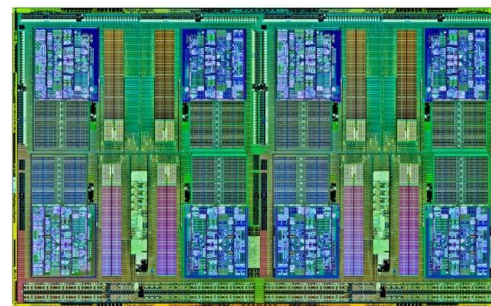
1 PC sur-vitaminé = 4 GPU + 4 processeurs
= 6 680 000 000 000 opérations / secondes
= 6,86 Téra flop/s = 1 prévision météo à 7 jours en 11 minutes

Performance d'un PC sur-vitaminé



1 430 Gflop/s

GPU à 2800 unités de calcul



240 GFlop/s

Processeur à 12 cœurs

1 PC sur-vitaminé = 4 GPU + 4 processeurs
= 6 680 000 000 000 opérations / secondes
= 6,86 Téra flop/s = 1 prévision météo à 7 jours en 11 minutes

Modèle
simpliste

Le parcours CHP

Former les spécialistes du parallélisme

- S1 : Tronc commun
- S2 : 1 U.E. programmation parallèle
 - présente dans les parcours RSM, GL et S.C.
 - 3 thèmes étudiés
 - Programmation multicoeurs
 - Initiation à la programmation des GPU
 - Initiation à la programmation distribuée
- S3 : spécialisation à l'ENSEIRB-MATMECA
- S4 : Projet + Anglais

S3

Parcours commun avec ENSEIRB-MATMECA

- Architectures, systèmes et communications
 - comprendre le fonctionnement des plateformes de calcul
- Langages et supports d'exécution
 - *bien* coder les algorithmes parallèles
- Algorithmique et ordonnancement
 - concevoir des algorithmes *parallèles efficaces*
- Algorithmique parallèle et Applications
 - Mettre en œuvre des algorithmes classiques en simulation scientifique
- Programmation des accélérateurs (3 crédits)
 - programmation vectorielle
- Initiation à la recherche (3 crédits)

Stage et débouchés

- Stage

- Stage industriel

- IBM, CEA, EDF, IFP, EADS, THALES, TOTAL

- Stage de Recherche

- LaBRI, INRIA, CEA, CERFACS

- Débouchés

- Industrie

- Ingénieur R&D
 - Ingénieur système

- Centre de recherche

- Thèse
 - Ingénieur R&D

- A l'étranger

- Europe, USA, Japon

