

Passage de l'ordinateur personnel au super-calculateur



Ordinateur Personnel
Personal Computer



Méso Calculateur
Meso Computer



Super Calculateur
High Performance Computer

« Guide du routard » du calcul scientifique ?

- Ce qui ne sera pas abordé :
 - l'histoire des HPC
 - la programmation parallèle
- Petit voyage au sein du calcul scientifique
 - bref historique du poste utilisateur
 - différences entre PC et HPC
 - nécessité de la parallélisation et implémentation
 - pistes sur le passage PC ► HPC
 - les processeurs enfouis et leur exploitation

Si le calcul scientifique était ... une **religion**

- Un croyant : vous ?
- Une dévotion : un lancement de calcul
- Rîtes et coutûmes : maîtrise des langages/compilateurs/libraires/système
- Une chapelle : un PC
- Sanctuaire : un HPC
- Indulgence : requête temps de calcul
- Grands prêtres : administrateurs de HPC
- Requête à l'oracle : donner son calcul en *batch*
- Marchands du temple...

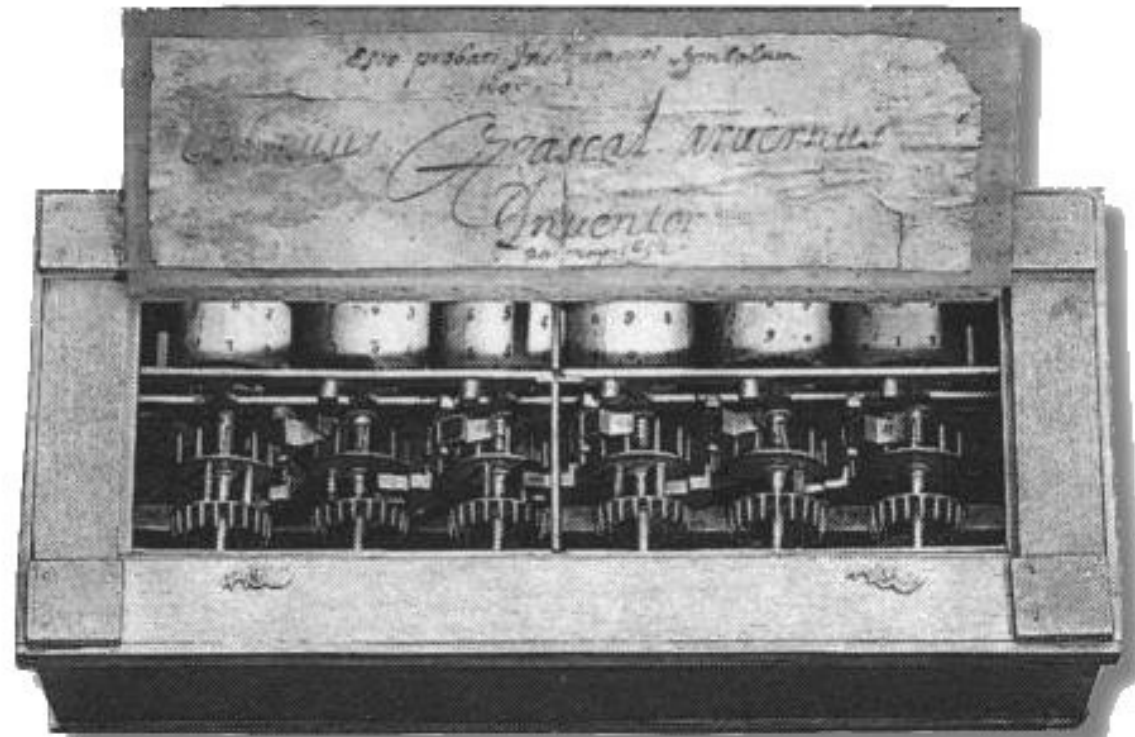
Si le calcul scientifique était ... de la cuisine

- Le client : vous !
- La cuisine : le PC
- Le cuisinier : le processeur
- La recette : le source du programme
- Ustensiles : éditeur/compilateur/librairies
- Préparation et cuisson : le *batch*
- Usine d'agro-alimentaire : un HPC
 - un assemblage de pleins de cuisines
 - pleins de couloirs pour vite se passer les plats

PC - HPC :

lequel est apparu en premier ?

La « pascaline » 1642

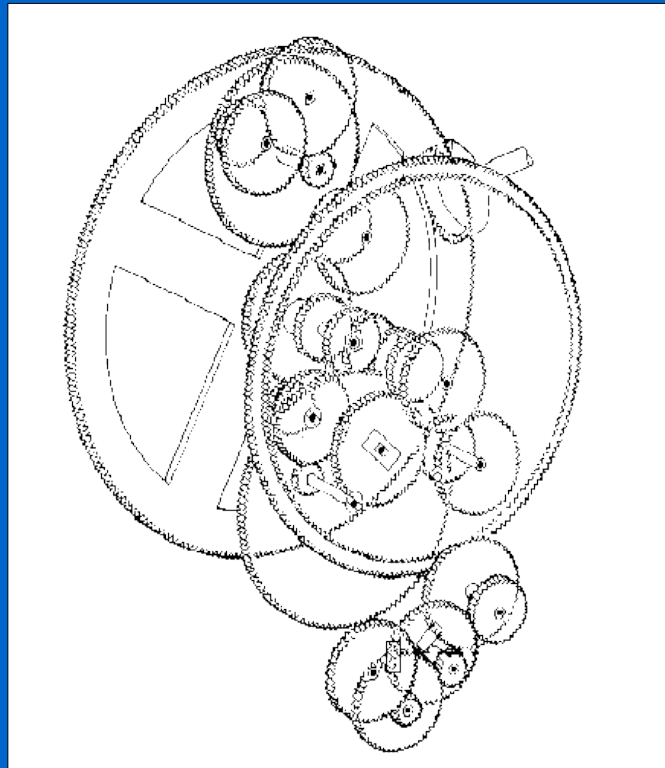


PC - HPC :

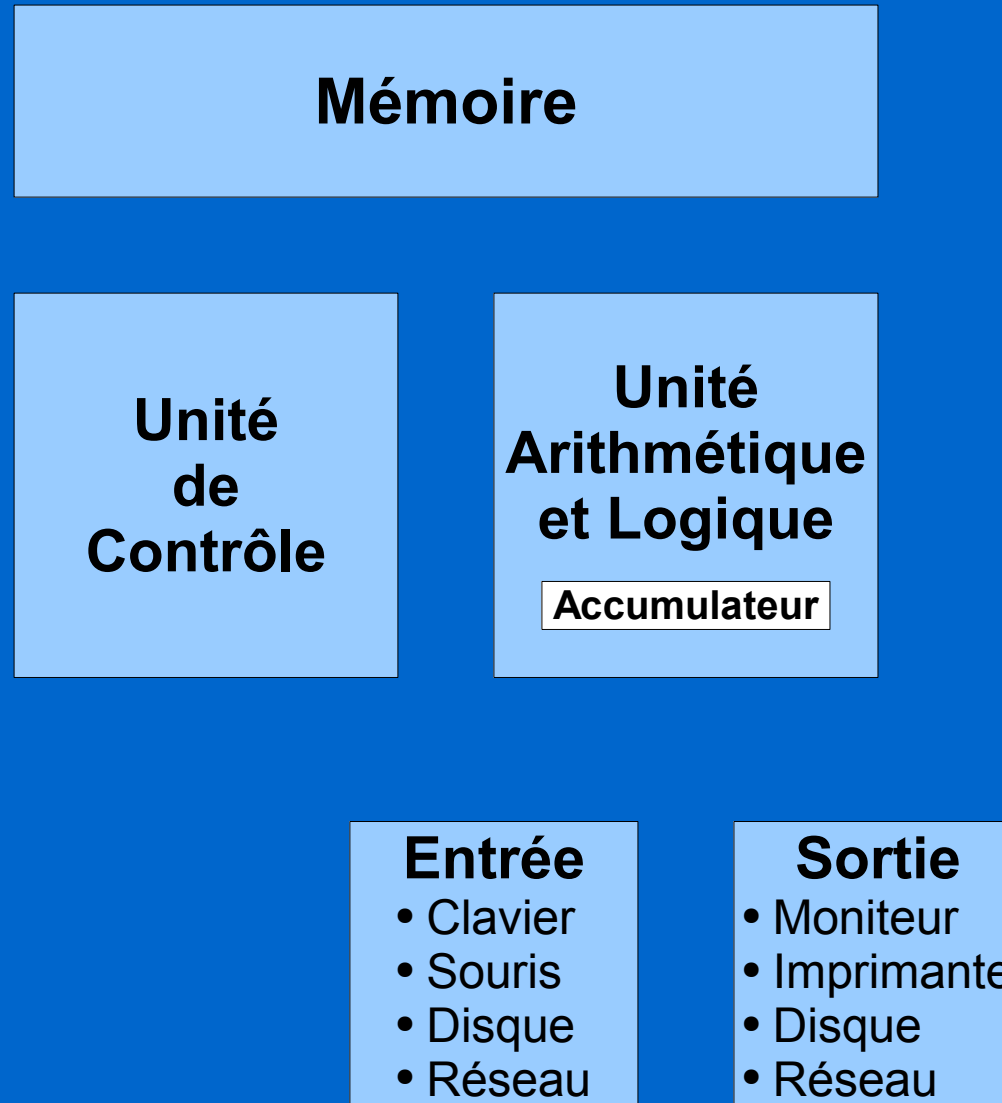
lequel est apparu en premier ?



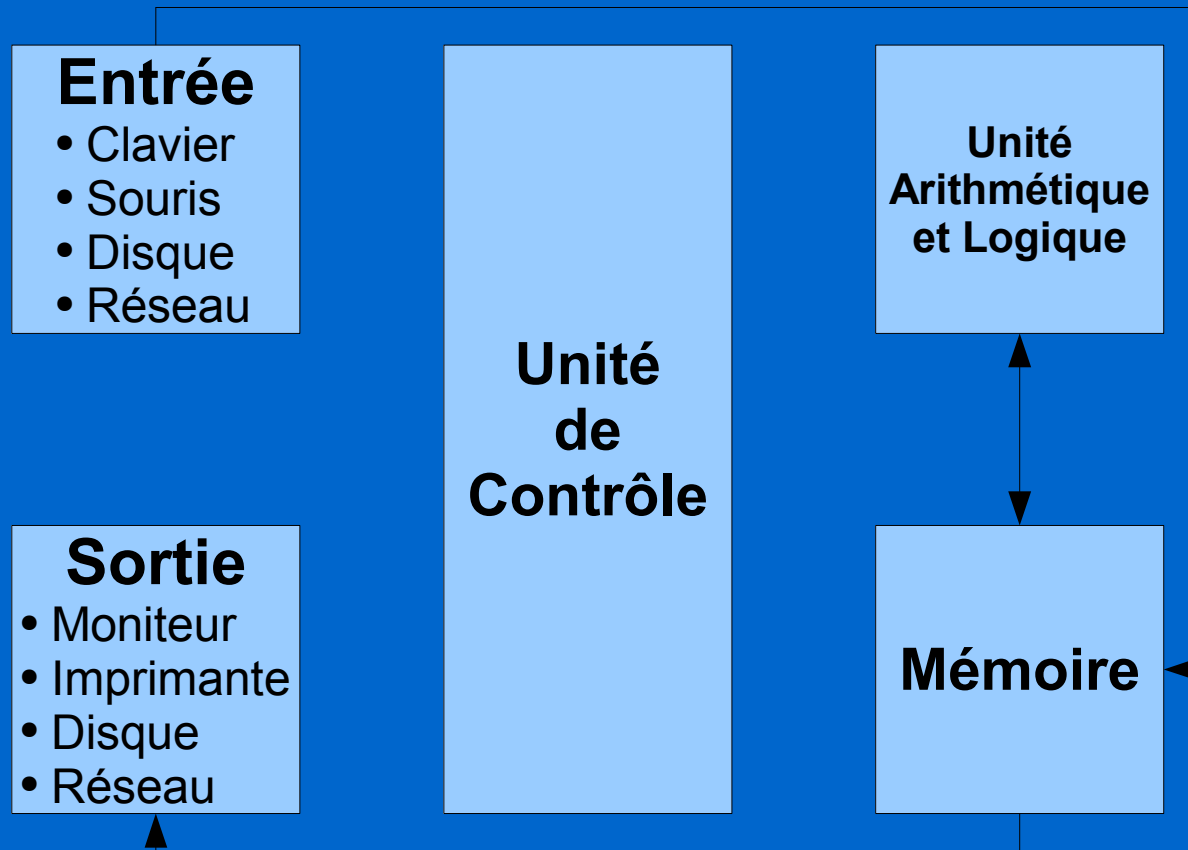
**La Machine d'Anticythère
~ 80 avant JC**



Une constante (de 1946) : le modèle de Von Neumann



Une constante (de 1946) : le modèle de Von Neumann (bis...)



Le poste utilisateur autonome depuis 25 ans

- **à l'origine, une simple console :**
 - un clavier (bruyant ?) et un moniteur monochrome
 - les premiers terminaux graphiques
- **Apollo et l'informatique devient micro :**
 - le Bull Micral : le précurseur
 - l'Apple II : le succès mondial
 - l'IBM PC : la naissance d'un standard
 - le Macintosh : la micro-informatique graphique
- **le processeur devient « scientifique » :**
 - 80~ : coprocesseurs 8087 et 80387 : le calcul dédié
 - 1993 : Intel 486 DX - intégration à la puce du 80387

Le poste utilisateur : une histoire de processeurs

- le « professionnel » inspire le « personnel » :
 - 1995 : Intel Pentium Pro et le SMP
 - 1997 : AMD K6 et ses multiples unités de calcul
- le temps où la fréquence doubla (presque tous les ans) :
 - de 200 Mhz en 1997 à 3 Ghz en 2003
- le 64 bits investit les postes utilisateurs
 - 2004 : AMD Opteron
- la multiplication des « coeurs » :
 - 2005 : AMD « Dual Core »
- le nombre de transistors dépasse de milliard :
 - Intel Itanium Montecito (1,72 Gt dont 1,55 dans L3)

Séparation PC-HPC



le « fonctionnel »

- modèle
- algorithme
- programme source

Ligne de « flottaison »

le « technique »

- compilateur et bibliothèques
- exécutable
- processus, threads
- système d'exploitation
- matériel

Contraintes



Performances

Séparation horizontale PC – HPC

- Sur la ligne : le « **fonctionnel** »
 - L'homme choisit un modèle
 - Le modèle est implémenté par l'algorithmie
 - L'algorithmie devient programme source
- Sous la ligne : le « **technique** »
 - Bibliothèques/Compilateurs : Atlas, Gcc
 - Exécutables : .elf
 - Systèmes d'exploitation : GNU/Linux
 - Processeurs/Mémoire/Réseau : x86-64/DDR2/GE

Séparation verticale PC - HPC

Différences

– Histoire :

- HPC : 65 ans
- PC : 30 ans

– Encombrement :

- HPC : $\frac{1}{2}$ stade de football et 4 MW
- PC : une feuille A4 et 100 W

– Disponibilité et Interactivité :

- PC : cela signifie quoi, le P ?
- HPC : comme tous les complexes scientifiques...

Séparation verticale PC - HPC

Différences

- **Puissance de calcul** : x 20000
 - PC : 3 Gfps
 - HPC : 50 Tfps
- **Mémoire vive** : x 30000
 - PC : 1 Go
 - HPC : 30 To
- **Processeurs** : x 10000
 - PC : 1 (ou 2)
 - HPC : 10000
- **Architectures** : vectorielles ou scalaires ?

Mon PC est « vectoriel »

- SIMD : *Single Instruction, Multiple Data*
- Côté « Hard »
 - 1996 : MMX sur Pentium chez Intel
 - 1998 : 3Dnow sur K6 chez AMD
 - Depuis 2000 : SSE, SSE2, SSE3 chez Intel et AMD
- Utilisation originelle :
 - Le multimédia (sous Linux)
- Calcul scientifique :
 - Bibliothèques Atlas

HPL par l'exemple : le test des super-calculateurs

- Base logicielle des calculs d'algèbre linéaire
- Utilisé pour classer les calculateurs du Top500
- Excellent « exercice » système
- Sur **Pentium IV** 3 Ghz 32 bits, avec **Atlas** :
 - WR13R2C4,4800,80,1,2,47.74, **1.545e+00**
- Sur **Pentium IV** 3GHz 32 bits, avec **Atlas SSE2** :
 - WR13R2C4,4800,80,1,2,25.89, **2.850e+00** (x1.8)
- Sur **Itanium 2** 1,3 Ghz 64 bits, avec **Atlas** :
 - WR13R2C4,4800,80,1,2,17.06, **4.325e+00** (x2.8)

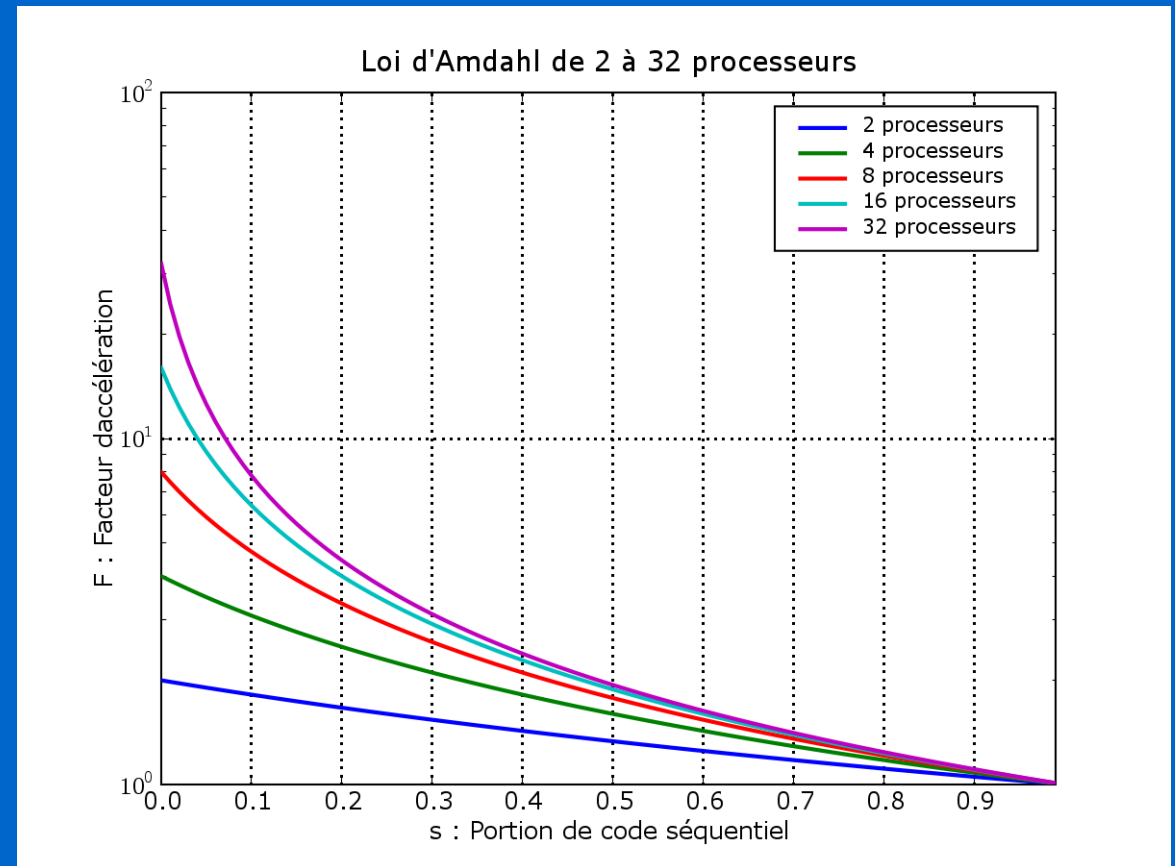
1ère étape pour aborder un HPC : le « démystifier » et le « démythifier »

- **Mystique :**
 - inaccessibilité : procédures/langages/OS
 - apprentissage les techniques HPC sur PC : //isme
- **Mythe :**
 - rien de commun entre une PC et un HPC
 - le HPC maintenant, « gros » PC ?
 - Son processeur : le même (mais il en a plein...)
 - Son architecture : la même
 - Scalaire (et même super-scalaire)
 - Vectorielle (instructions SIMD)
 - Quelques technologies dédiées : bus...

Une nécessité : la « parallélisation »

$$F = 1 / (s + (1 - s) / p)$$

- 1 code – 2 structures
 - séquentielles
 - parallèl(isables)les
- Loi d'Amdahl
 - s : code séquentiel
 - p : nb processeurs
 - F : accélération



Paralléliser : approches...

- les processus légers (*pthreads*)
 - FFTw3 : *the Fastest Fourier Transform of the West*
 - OpenMP : une approche « *pragma* »tique
 - pas d'implémentation OpenSource
- les bibliothèques d'échanges de messages
 - PVM : Parallel Virtual Machine
 - MPI : Message Passing Interface
- la migration de processus complets :
 - OpenMOSIX

Du PC, se rapprocher du HPC : un embryon de solution

- Simuler une machine avec X processeurs :
 - avec un émulateur x86 : Qemu (X processeurs)
- Simuler Y machines simultanément :
 - avec Y émulateurs x86 : Y sessions de Qemu
- Disposer des mêmes outils :
 - même distribution GNU/Linux (sujet *très* sensible)
 - même librairies pour le calcul et la parallélisation
- Se faciliter la tâche (compilateur) :
 - options de compilation : algorithmes évolutionnaires

Du HPC, voir les efforts du PC

- si l'utilisateur de PC s'investit en :
 - apprenant le //, les threads et le « technique »
 - utilisant 1 ou + des techniques suivantes :
 - la conception objet
 - la parallélisation avec MPI
 - la gestion des processus légers
- l'administrateur de HPC ne se doit-il pas :
 - de lui offrir les outils les plus proches (ouverts...)
 - l'aider dans cette convergence PC - HPC

Du PC au HPC : la distribution « universelle » Debian

- Sur le poste de travail :
 - de + en + de distributions sur Debian
 - quelques inconvénients mais gros avantages
- Sur le méso-calculateur :
 - pas de solution de vendeurs « nativement » Debian
 - installation Debian sans toucher au système
 - sur le Nec TX7 de Cachan : Woody, Sarge, Etch et Sid
- Sur le super-calculateur :
 - question complètement ouverte...

Le méso-calculateur :

Une étape dans la transition

- 4 ordres de grandeurs entre PC et HPC
- MC : de 32 à 128 processeurs
 - ENS-Cachan : Nec TX7, 32 Itanium2, 128 Go
- Histoire d'une installation Debian :
 - installation de debootstrap : Woody
 - copie et MàJ : Woody ► **Sarge** ► Etch ► Sid
 - isolation des distributions par **chroot**
 - accessibilité par ssh sur ports différents (22x22)
 - montage des partitions utilisateurs par NFS

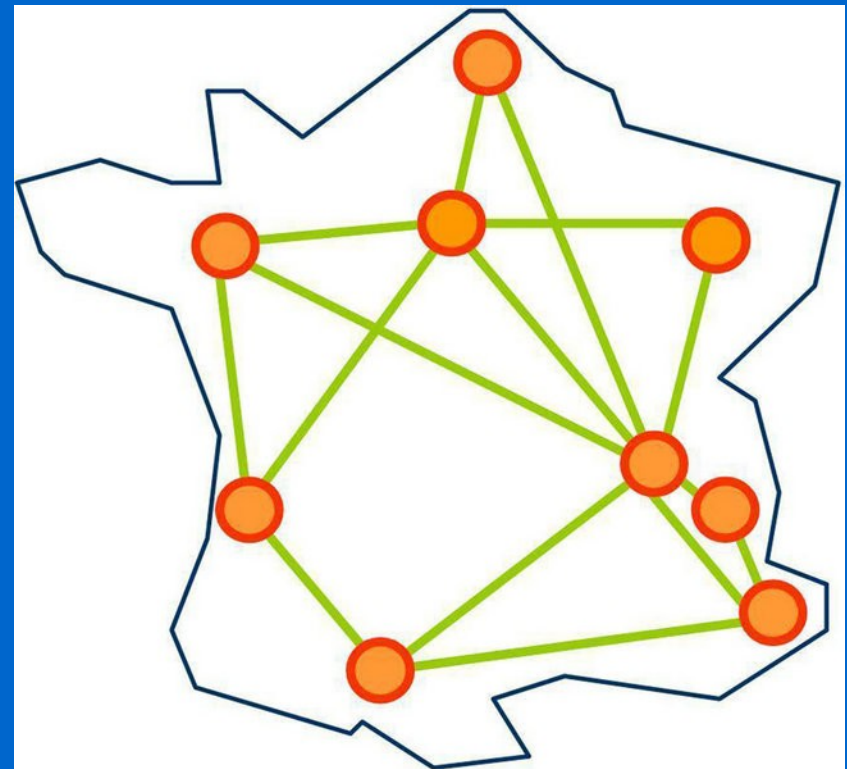
Du HPC au PC : et pour l'utilisateur de Matlab ?

- conscient de la nature des langages macro
 - interactifs, conversationnels
 - avec des boîtes à outils
- (qui n'est pas ophiophobe), la solution **Python**
 - langage « objet »
 - bibliothèques mathématiques : Scipy, Numeric
 - gestion des threads, (de MPI)
 - interfaces E/S très vastes : matériel, réseau, SGBD,...
 - déjà choisi par le STSCI, la Nasa, (le CRAL), ...

Du HPC, au niveau du PC : retour à l'utilisateur...

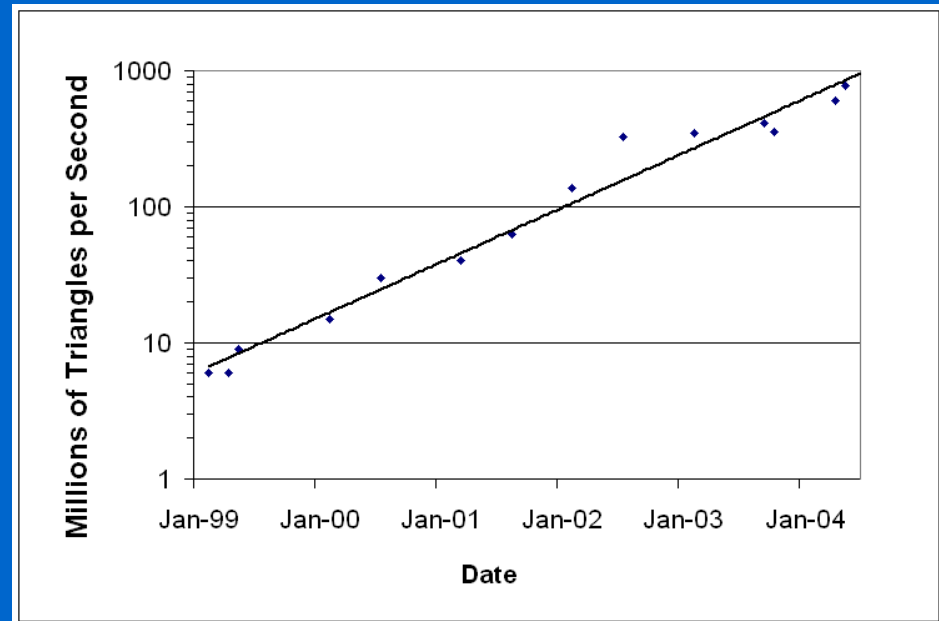
- 5000 processeurs
- 9 sites en France
- 6 fronts d'étude :
 - Applications
 - Algorithmes
 - Exécutions
 - Gestion
 - Systèmes
 - Protocoles réseau
- fonctionnalités :
 - OS complet propagé
 - utilisation de VM

- démonstrateur
- prototype
- numéro 1



Et si le PC était (presque) aussi puissant qu'un HPC ?

Card	Date	M Triangles/sec	Fill rate Gpixels/s	Mem BW (GB/s)	Clock (MHz)	Pixel Pipelines
TNT	Feb-99	6				
Voodoo3	Apr-99	6				
TNT2	May-99	9				
GeForce 256	Feb-00	15				
Radeon	Jul-00	30				
NVIDIA GeForce3 (NV20)	Mar-01	40	0.8	7.36	200	4
Radeon 8500 (R200)	Aug-01	63	1	9	275	4
NVIDIA Geforce4 (NV25)	Feb-02	136	1.2	10.3	300	4
Radeon 9700 Pro (R300)	Jul-02	325	2.6	19.8	325	8
GeForceFX (NV30)	Feb-03	350	2.0/4/0	16	500	4
Radeon 9800 XT (R360)	Sep-03	412	3.3	23.4	412	8
GeForce FX 5950 (NV38)	Oct-03	356	1.9/3.8	30.4	475	4
GeForce 6800 (NV40)	Apr-04	600	6.4/12.8	35.2	400	16



- Puissance brute : entre 2000 et 2004
 - CPU : x10
 - GPU : x100

Le GPU : trop spécialisé ?

- OpenGL : un langage créé pour la 3D
 - implémentation matérielle de fonctions complexes
 - parmi les fonctions : la convolution
 - détournement du GPU pour du traitement de signal
 - réaliser des fonctions de transparence
 - calculer des FFT
 - calculer des transformées en ondelettes
 - problème : la « non-garantie » des résultats
 - avantage : l' AGP remplacé par le PCI-Express

Conclusion :

passage du PC au HPC

– utilisateur de PC :

- « penser » parallélisme (MPI ou *thread*)
- s'intéresser à la technique (intrication)
- passer à l'échelle (sur un MC)

– administrateur de HPC :

- soit proposer un environnement « ouvert »
- soit proposer l'importation complète de systèmes

– convergence entre PC et HPC :

- les PC interconnectent leur force : [seti@home](#) et al.

– machine & calcul : adaptation, dans quel sens ?

Sources

- GPU :
 - http://www.cs.unc.edu/~lastra/Research/GPU_performance.html
 - <http://www.cs.unc.edu/~rgayle/Courses/>
- **seti@home** et les autres :
 - <http://www.boincsynergy.com/>