

# 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...

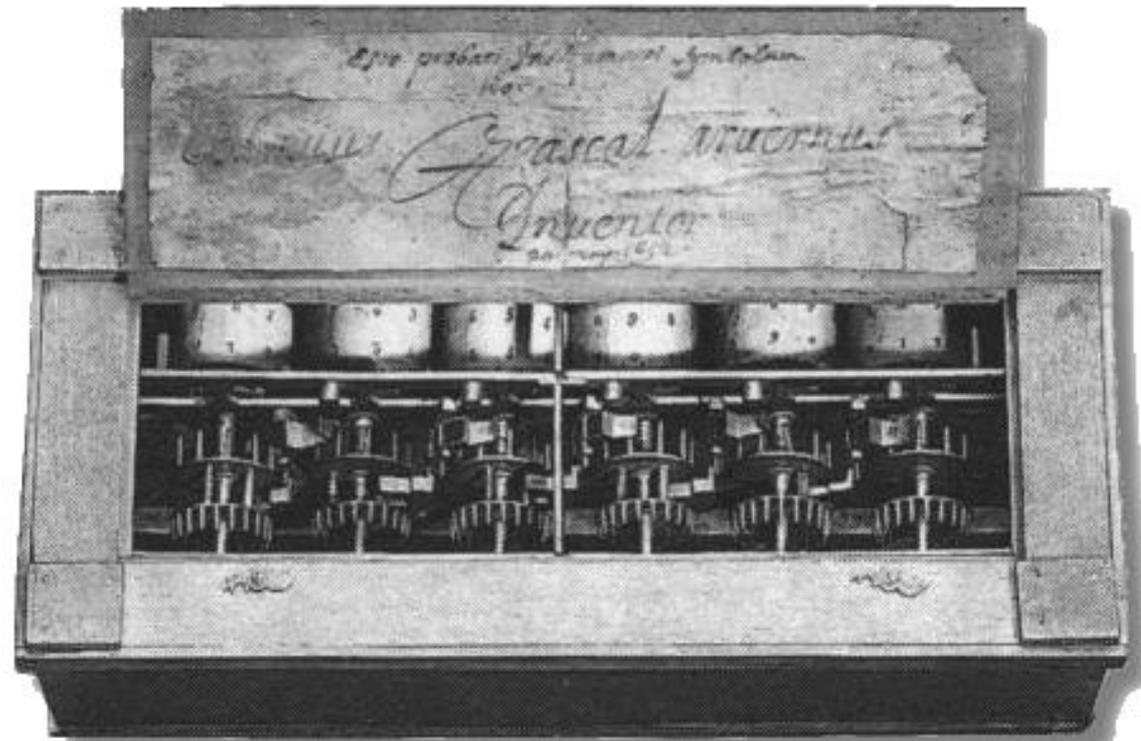
# Si le calcul scientifique était ... de la cuisine

- 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

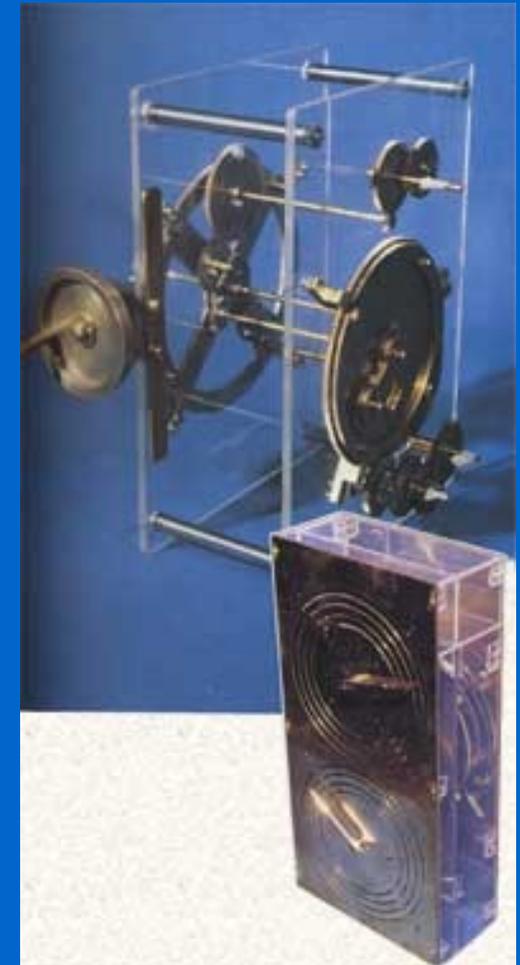
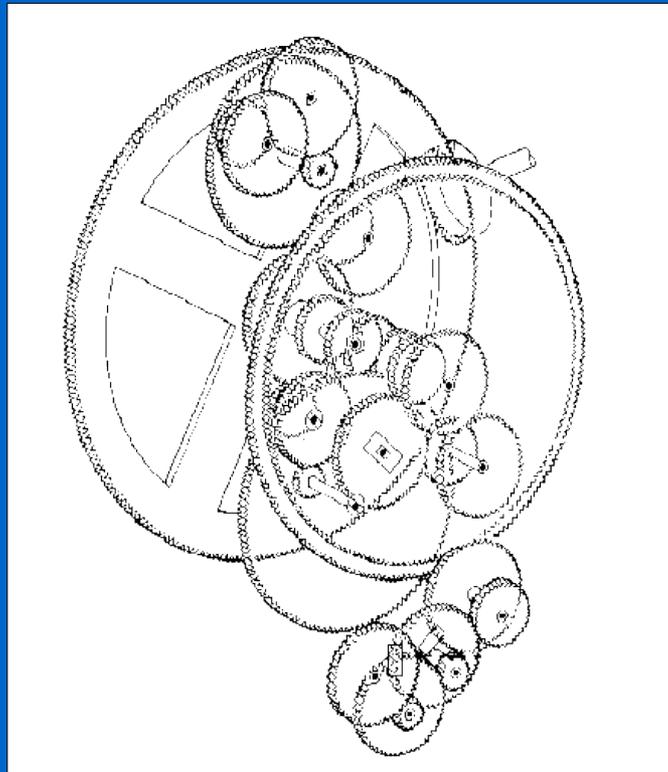


# PC - HPC :

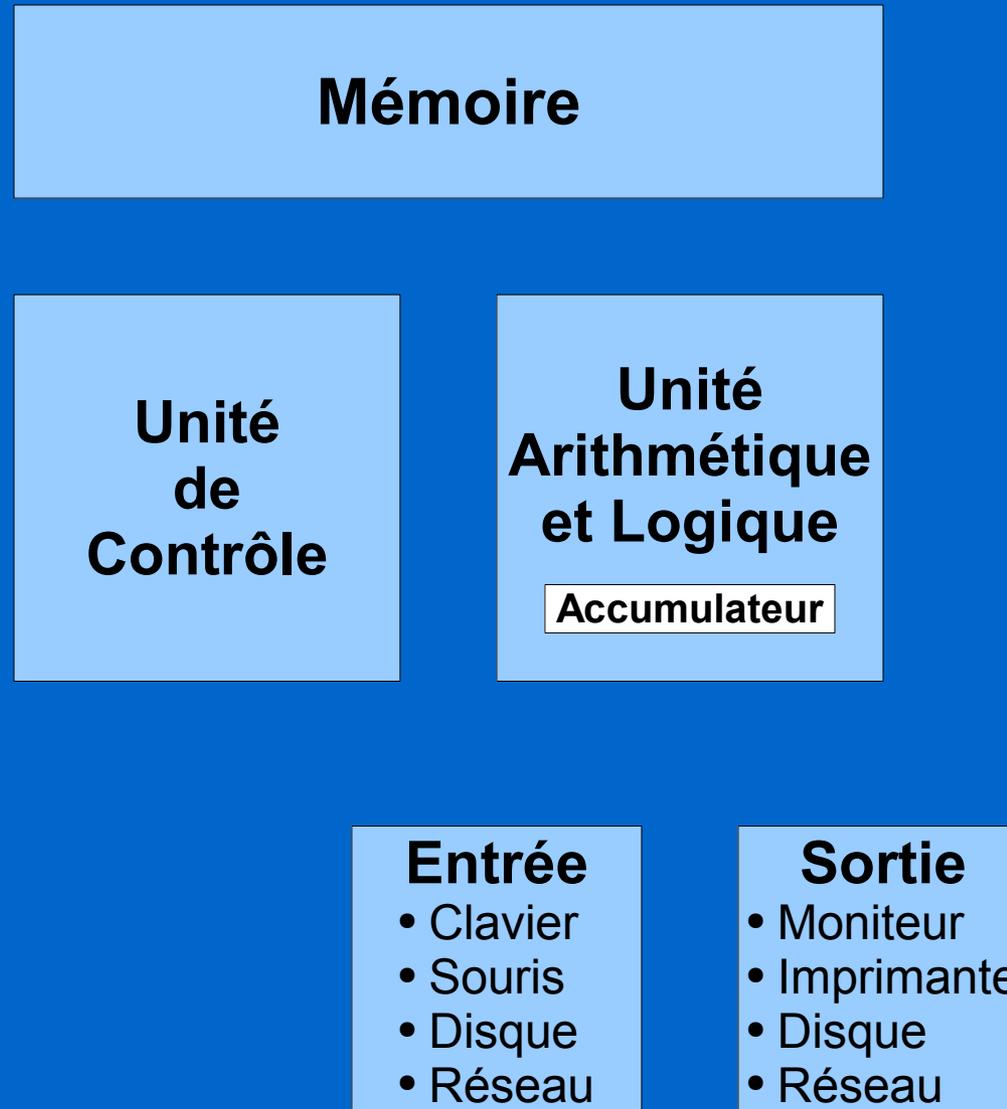
lequel est apparu en premier ?



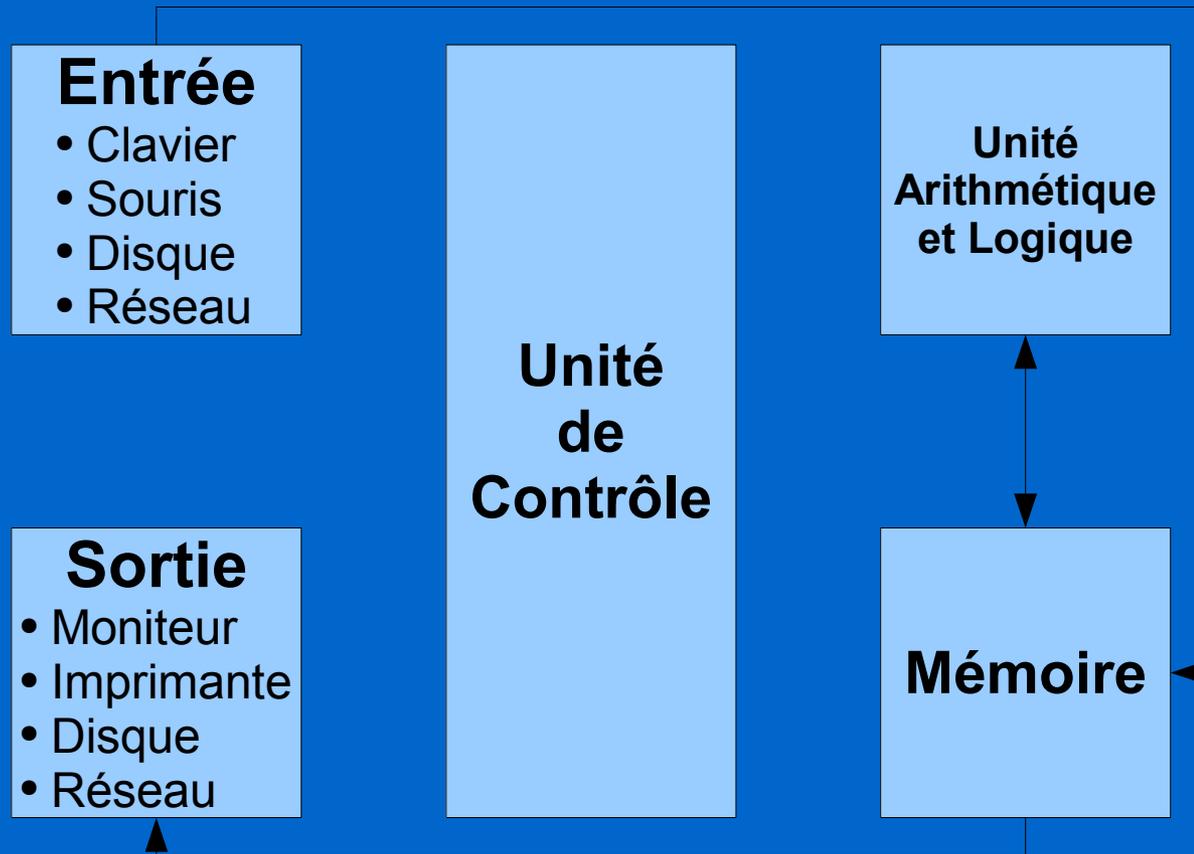
**La Machine d'Anticythère  
~ 80 avant JC**



# 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



# 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** »
  - Librairies/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 »

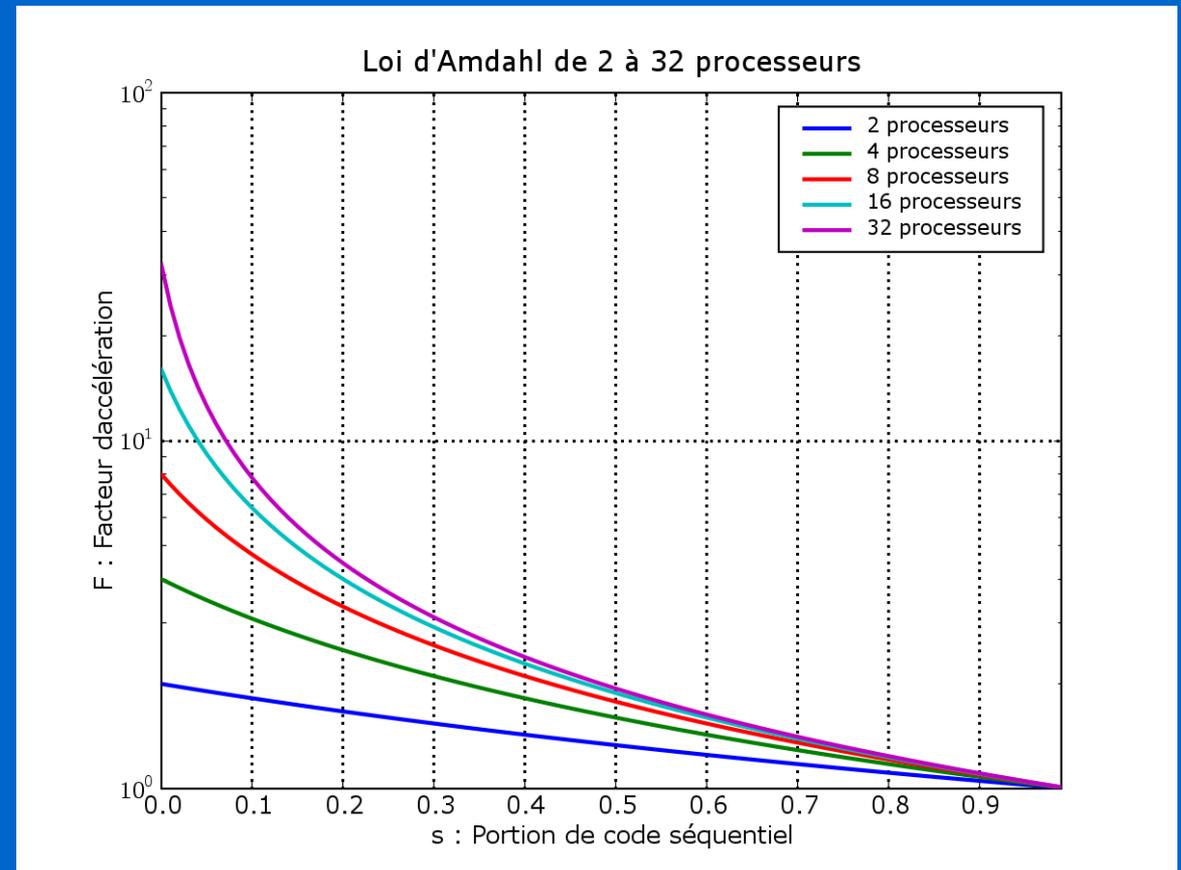
$$F = 1 / (s + (1 - s) / p)$$

– 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

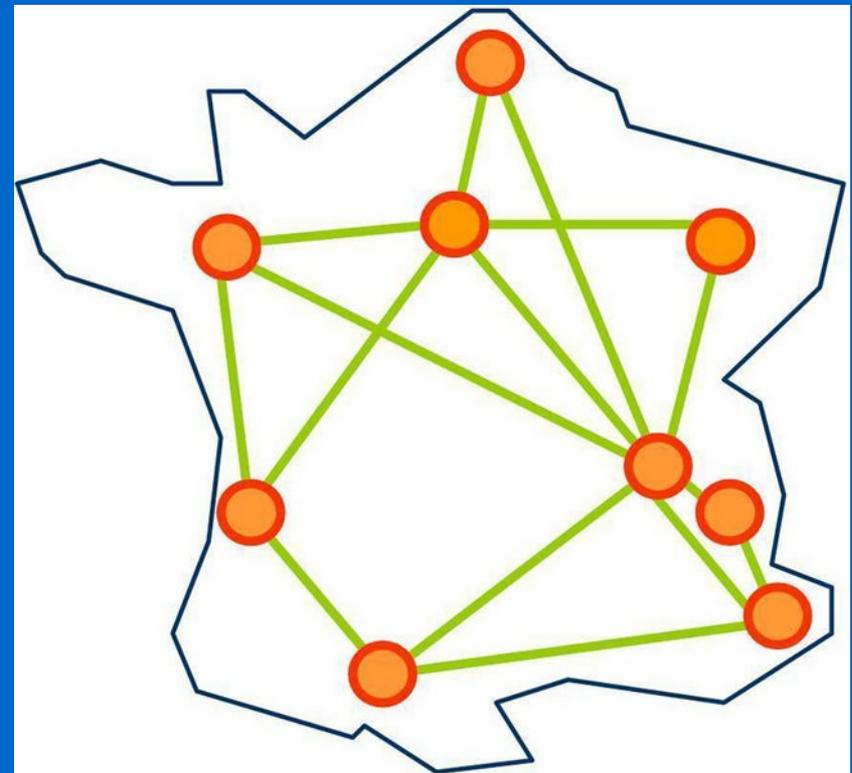
# Du HPC au PC : et pour l'utilisateur de Matlab ?

- 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...

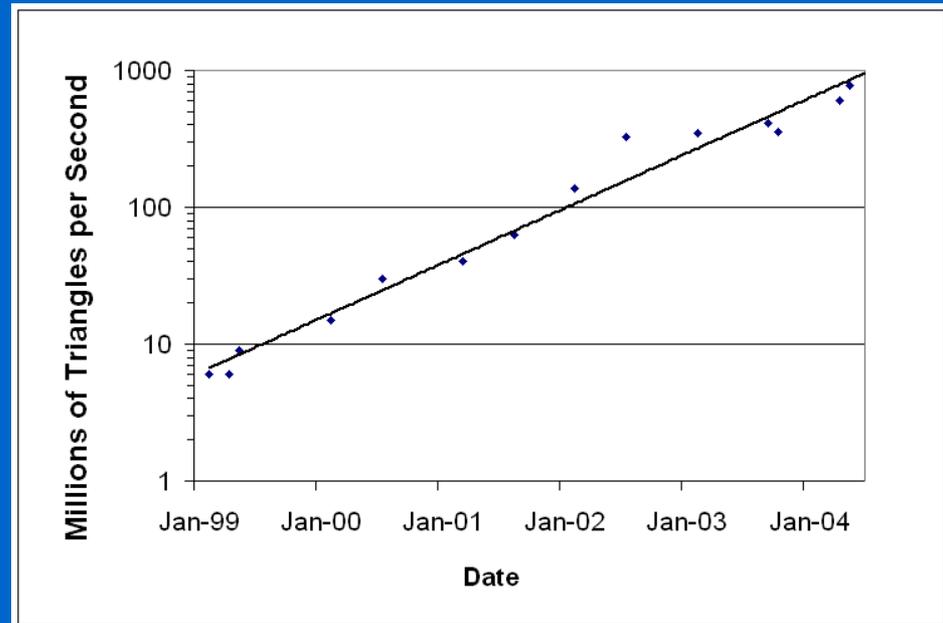
- 5000 processeurs
- 9 sites en France
- 6 fronts d'étude :
  - Applications
  - Algorithmes
  - Exécutions
  - Gestion
  - Systèmes
  - Protocoles réseau
- fonctionnalités :
  - OS complet propagé
  - utilisation de VM

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