

Culture et Pratique de l'Informatique

Contexte et historique

Pierre Collet

Directeur du
Département d'Informatique de
L'UFR Mathématique et Informatique de
L'Université de Strasbourg

Coordinateur du
Campus Numérique des Systèmes Complexes
UniTwin UNESCO CS-DC

Équipe Boinformatique Théorique, Fouille de Données et Optimisation Stochastique
Laboratoire ICUBE, UMR CNRS 7357

Pierre.Collet@unistra.fr



Quelques citations

- ◆ « Je pense qu'il y a un marché mondial pour environ 5 ordinateurs » (Thomas Watson, président d'IBM, 1943)
- ◆ Dijkstra (1930 – 2002)
 - « Computer Science is no more about computers than astronomy is about telescopes. »
 - « Alan Turing thought about criteria to settle the question of whether machines can think, a question of which we now know that it is about as relevant as the question of whether submarines can swim. »

Présentation de l'informatique

Citations de Gérard Berry « continent science » du 24/02/2014, France Culture
Leçon inaugurale au Collège de France « Pourquoi et comment le monde devient numérique »

- ◆ Science et technique conjuguée, comme la physique.
- ◆ Ca va plus vite qu'une science naturelle :
 - En physique ou en biologie ou en médecine, on étudie des phénomènes pré-existants
 - En informatique, on *fabrique* les objets qu'on étudie en même temps.
- ◆ Grands domaines :
 - Données
 - Algorithmes
 - Programmes
 - Interfaces
 - Machines

Données

- ◆ Confusion entre données, informations et connaissances
 - 20 : c'est une donnée
 - 20°C : c'est une information
 - « À 20°C, on est dans le confort » : c'est une connaissance
- ◆ Les ordinateurs n'ont pas d'informations ni de connaissances : ils n'ont que des données (et maintenant, méga-données « big-data »)
- ◆ Collecter des données, c'est facile. Passer des données aux informations aux connaissances (transformer les données en connaissance) c'est très difficile.

Algorithme

- ◆ Toutes les méthodes automatisables de calcul sur les données
- ◆ Il y a des milliers d'algorithmes différents (image, son, réseaux, machine à laver, téléphone, voiture, ...)
- ◆ Pensée commune qui fonde la science informatique : que peut-on faire avec une machine
- ◆ Grand changements dans les algorithmes : jusqu'en 2000 : algorithmique séquentielle (imitation d'un homme qui fait une multiplication, etc...)
- ◆ Depuis 2000 : machines parallèles et algorithmes distribués.
 - Fermes de calcul comportant 500 000 ordinateurs (google)
- ◆ Il faut maintenant développer des algorithmes parallèles et répartis. C'est très difficile car les humains pensent de manière « séquentielle »
- ◆ Les algorithmes répartis sont fragiles et difficiles à prouver.





Programme

- ◆ Comment écrire un algorithme pour qu'un ordinateur sache l'exécuter
- ◆ Algorithme : langage mathématique
- ◆ Programme : langage informatique
- ◆ Transformer un algorithme en programme : très difficile

*Beware of bugs in the above code;
I have only proved it correct, not tried it.
Donald Knuth*

- ◆ Beaucoup de programmes marchent « un peu » ou « presque »...
 - Applications sur un téléphone, ça plante, on redémarre, on télécharge une nouvelle version, ...
- ◆ Programmes qui marchent vraiment : très difficile
 - Conduire un avion, une fusée

Machine

- ◆ Immensément stupide mais extraordinairement rapide
- ◆ Fait des milliards de choses par seconde avec une conscience professionnelle totale, un humour absolument nul, et si on a écrit un seul truc de travers, **ça le fait jusqu'au bout.**
- ◆ Définition d'un ordinateur : **c'est le plus extraordinaire amplificateur d'erreur possible.** Si on lui dit la bonne chose, c'est absolument parfait. Si on lui dit quelque chose de faux, (par rapport à ce qu'on pensait), ça va aller n'importe où. (C'est un bug.)

Applications de l'informatique

- ◆ De plus en plus utile dans tous les domaines / sciences
 - Permet de modéliser profondément les objets et les processus : Indispensable à l'astrophysique, la physique, la biologie, ...
 - Améliore la communication :
Son / image, / vidéo / ...
- ◆ De nombreux côtés positifs dans tous les domaines

Quantité des données

Citations de Jean-Gabriel Ganascia, « continent science » du 24/02/2014, France Culture

- ◆ 1 livre \approx 1 Million de caractères (1 Mo)
- ◆ BNF : 13 à 14 millions de livres \approx 10-15 To (quelques disques durs)
- ◆ Problème actuel des masses de données : VVV
 - Volume : en 2012, le web contient plusieurs zeta-octets (giga, tera, peta, exa, zeta) = 1 milliard de BNF
 - Vitesse : twitter \approx 7To/jour. Astronomie : radio-télescope australien Square Kilometer Array (2020) \approx 1 EO/jour ! Les stocker ?
Il faut traiter les données sur le moment
 - Variabilité : flux internet \approx 300 PO/j



Origines de l'informatique

- 1854. Algèbre de Boole, fondée sur ET/OU/NON.
- 1931 : Gödel. Théorème de l'incomplétude.
 - » Il y a des problèmes impossibles à résoudre en mathématiques et en logique...
- 1938 : Alan Turing. Se pose des questions sur la calculabilité des nombres
 - » peut-on obtenir tous les nombres avec un algorithme ?
 - » Invente la « Machine de Turing » pour représenter des algorithmes.

Origines

- ◆ 1944 : Premiers prototypes. Programmation très « hard. »

ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator).

18 000 tubes, 30 tonnes. Multiplication de 2 nombres de 10 chiffres en 3 millisecondes. Mémoire interne très petite, programmation « aux clés » (fiches interchangeables).

En fait, c'est une grosse calculette, et pas vraiment un ordinateur.

- ◆ 1945 : von Neuman décrit les 5 composants de son architecture :
 - L'Unité Arithmétique et Logique
 - L'Unité de Commande
 - La mémoire centrale
 - L'Unité d'entrée
 - L'Unité de sortie.

Historique des ordinateurs

- ◆ 1945 : von Neumann propose l'EDVAC (Electronic Discrete *Variable* Automatic Computer) selon son architecture :

Le programme et les données sont en mémoire !

La machine ne se commande plus par des fiches, mais par le contenu de sa mémoire !

Sauts, branchements conditionnels : *l'ordinateur est né.*

- ◆ **1948 :** Mais en fait, le premier ordinateur est anglais ! C'est le « Small Scale Experimental Machine » aussi appelé « Baby » à Manchester

- <http://www.computer50.org/>
- Reconstituée en 1994 : <https://www.youtube.com/watch?v=golNhUyRLcQ>
- <http://www.computerhistory.org/revolution/birth-of-the-computer/4/87/2373>

Historique

- ◆ 51 – 58 : Premières machines commerciales, avec IBM en 53 (IBM 650 vendu à 1500 exemplaires !!!).
 - Monoprogrammation, traitement par lots (batch).
 - Cartes perforées, bandes magnétiques, imprimante.
 - Pb : fiabilité des tubes à vide (lampes) : bugs ?
- ◆ 58 – 64 : Apparition des transistors => vitesse et fiabilité + apparition des mini-ordinateurs
 - Mode superviseur, E/S asynchrones et premiers systèmes temps partagé.

Historique

- ◆ 64 – 78 : Premiers circuits intégrés (puces)

(3^e génération d'ordinateurs)

Systemes multi-programmés.

- ◆ 80 – 90 : VLSI et réseaux

plusieurs millions de transistors/mm² (4^e génération d'ordinateurs).

Disques magnétiques/optiques, imprimantes laser, écrans couleur graphiques, interfaces multi-fenêtres, réseaux par câble, fibre optique, ligne téléphonique, satellite, ...

L'info. d'aujourd'hui est (pratiquement) la même qu'en 80 !

Puissance des super-ordinateurs

- | ◆ Ordinateur | Vitesse | Propriétaire |
|---------------------|------------|--|
| ◆ 1938 Zuse V1 | 1 OPS | Konrad Zuse, Berlin, Germany |
| ◆ 1941 Zuse Z3 | 20 OPS | Konrad Zuse, Berlin, Germany |
| ◆ 1946 UPenn ENIAC | 100kops | Department of War, Mariland, USA |
| ◆ 1954 IBM NORC | 67 kops | Department of Defense, Virginia, USA |
| ◆ 1956 MIT TX-0 | 83 kops | MIT, Lexington, Massachusetts, USA |
| ◆ 1958 IBM AN/FSQ-7 | 400 kops | 25 U.S. Air Force sites across the USA |
| ◆ 1960 UNIVAC LARC | 250 kFLOPS | AEC, Livermore Labs, USA |
| ◆ 1961 IBM 7030 | 1.2 MFLOPS | AEC, New Mexico, USA |
| ◆ 1964 CDC 6600 | 3 MFLOPS | AEC Livermore Labs, USA |
| ◆ 1969 CDC 7600 | 36 MFLOPS | |
| ◆ 1974 CDC STAR-100 | 100 MFLOPS | |



1975 - 1996

- ◆ 1975 ILLIAC IV 150 MFLOPS NASA Ames, USA
- ◆ 1976 Cray-1 250 MFLOPS ERDA, USA
- ◆ 1981 CDC Cyber 205 400 MFLOPS
- ◆ 1983 Cray X-MP/4 941 MFLOPS U.S. Department of Energy
- ◆ 1984 M-13 2.4 GFLOPS Moscou, URSS
- ◆ 1985 Cray-2/8 3.9 GFLOPS Livermore Labs, USA
- ◆ 1989 ETA10-G/8 10.3 GFLOPS Florida State University
- ◆ 1990 NEC SX-3/44R 23.2 GFLOPS NEC Fuchu Plant, Japon
- ◆ 1993 CM-5/1024 59.7 GFLOPS Thinking Machines Corp
- ◆ Fujitsu Wind Tunnel 124.50 GFLOPS Aerospace Lab, Tokyo
- ◆ Intel Paragon XP/S 143.40 GFLOPS Sandia, New Mexico, USA
- ◆ 1994 Fujitsu Wind Tunnel 170.40 GFLOPS Aerospace Lab, Tokyo
- ◆ 1996 Hitachi SR2201 220.4 GFLOPS University of Tokyo, Japon



1997 – Aujourd'hui

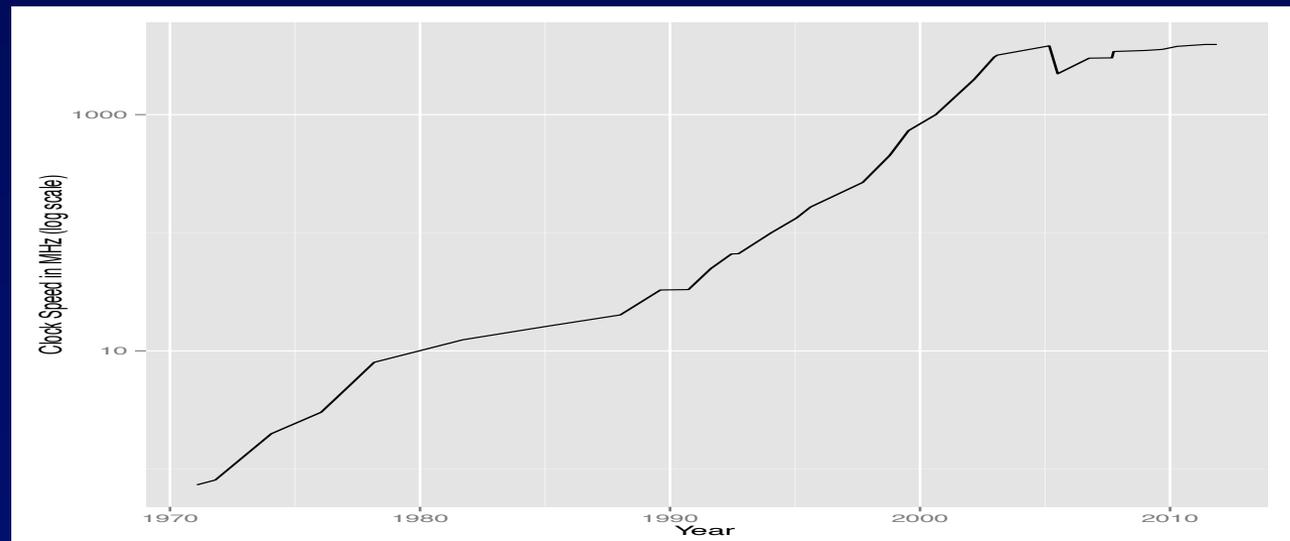
- ◆ 1997 Intel ASCI Red/9152 1.338 TFLOPS Sandia, New Mexico, USA
- ◆ 1999 Intel ASCI Red/9632 2.379 TFLOPS Sandia, New Mexico, USA
- ◆ 2000 IBM ASCI White 7.226 TFLOPS Livermore Labs, USA
- ◆ 2002 NEC Earth Simulator 35.86 TFLOPS Yokohama, Japan
- ◆ 2004 IBM Blue Gene/L 70.72 TFLOPS IBM Rochester, USA
- ◆ 2005 IBM Blue Gene/L 280.6 TFLOPS Livermore labs, USA
- ◆ 2007 IBM Blue Gene/L 478.2 TFLOPS Livermore labs, USA
- ◆ 2008 IBM Roadrunner 1.105 PFLOPS Los Alamos, USA
- ◆ 2010 Tianhe 1A 2,566 PFLOPS Tianjin, China
- ◆ 2011 K computer, 10,510 PFLOPS Riken, Japan
- ◆ 2012 Cray Titan XK7 17,59 PFLOPS Oak Ridge, USA
- ◆ 2013 Tianhe 2 33,8 PFLOPS, Guangzhou, China

Et les PC ?

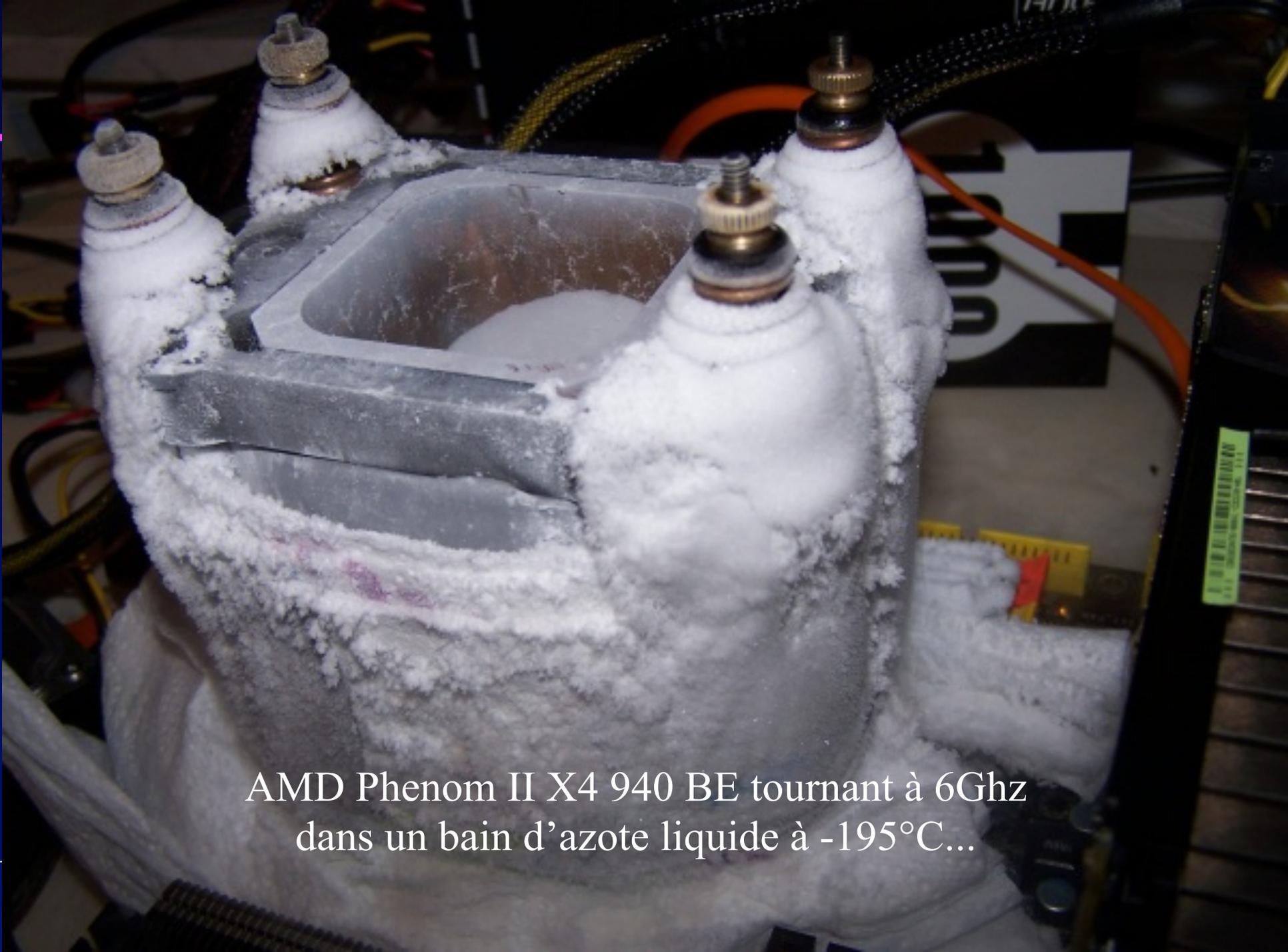
- ◆ Jusqu'en 2005, augmentation de la puissance par augmentation de la fréquence d'horloge.
- ◆ Problème : la consommation varie avec le cube de la fréquence d'horloge !

⇒ Fréquence $\times 2 =$ conso $\times 8$!

En 2005, fréquence de 3,6 GHz atteinte par un processeur Intel.



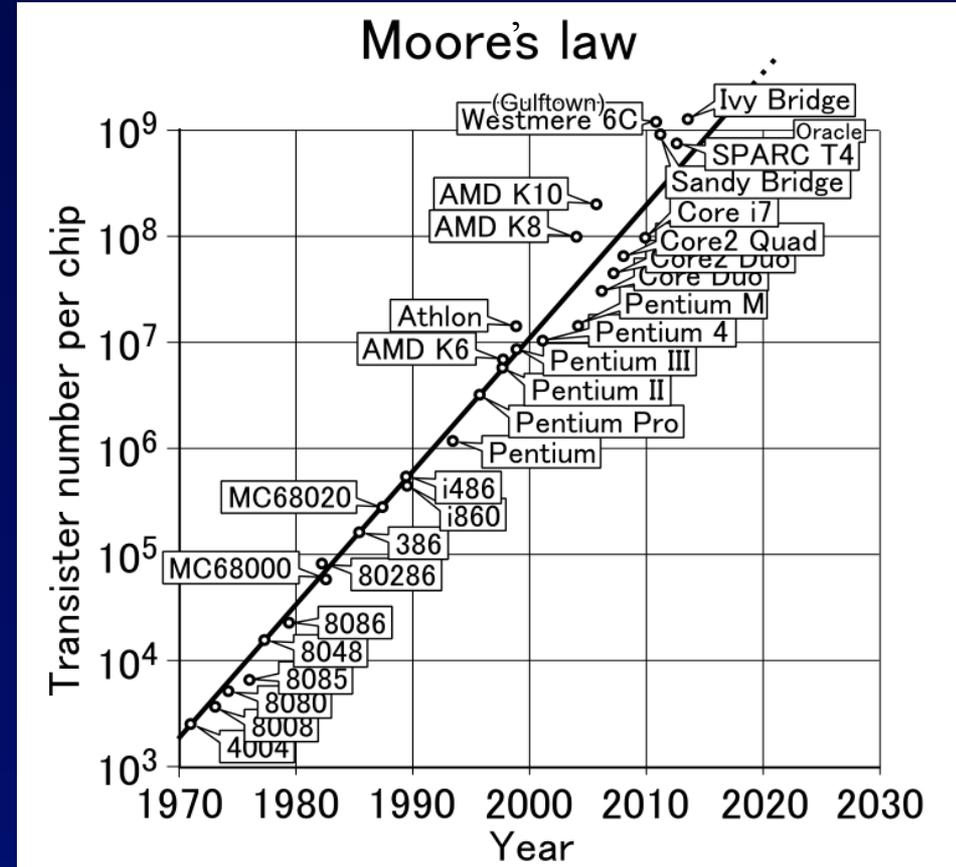
- ◆ Pour doubler la fréquence...

A photograph of an AMD Phenom II X4 940 BE processor mounted on a grey metal heat spreader. The entire assembly is submerged in a liquid nitrogen bath, which is covered with a thick layer of white frost. The processor's pins are visible, and the heat spreader has a square-shaped cutout. In the background, there are various cables and a black component with a white '1000' label. A green barcode sticker is visible on the right side of the image.

AMD Phenom II X4 940 BE tournant à 6Ghz
dans un bain d'azote liquide à -195°C...

Loi de Moore / puissance des ordinateurs

- ◆ Nb de transistors/mm² double tous les 2 ans
- ◆ Doit pouvoir continuer jusqu'en 2030
- Relation avec la puissance des ordinateurs ?



Solution utilisée par les constructeurs de CPU

- ◆ Loi de Moore : doublement du nb de transistors/mm² tous les 2 ans (devrait durer encore 10 ans).
- ◆ Si on met 2 cœurs par processeur, doublement (et pas cube) de la consommation pour doublement de la « puissance » de calcul.
- ◆ Mais la puissance de calcul n'est plus exploitable par des algorithmes séquentiels !
- ◆ Depuis 2005, dual-core, quad-core, hexa-core, ...

Une révolution est en marche !

