ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Architectures de Processeurs pour la Mobilité

S'ARMer, s'ATOMiser, FUSIONNner...

Du mobile au HPC
Le prochain « détournement » ?

« Détourne-toi des préceptes de ceux qui spéculent sur le monde mais dont les raisons ne sont pas confirmées par l'expérience. »
de Léonard de Vinci

ÉCOLE **NORMALE**
SUPÉRIEURE
DE **LYON**

Centre Blaise Pascal

« catalyser » l'informatique scientifique

Dryden Flight Research Center EC87 0182-14 Photographed 1987
X-29

Nasa X29

- Cellule de F5
- Moteur de F18
- Servos de F16
- Études
  - Flèche inversée
  - Incidence >50°
  - *« Fly-By-Wire »*

Maison de la Simulation ET centre d'essais

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Centre Blaise Pascal
Une Plate-Forme Expérimentale

Avec des plateaux techniques:

- Cluster de 8 à 50 nœuds
- Nœuds de 2 à 12 cœurs
- Stations GPU de la GeForce 8400 à la Tesla M2090
- Intégration logicielle (versions de distribution)
- Exploration : expérience/démonstrateur/prototype
- Intégration matérielle (Sparc, PowerPC, … et ARM)
- Plateau COMOD : « Compute On My Own Device »

Pour étudiants/enseignants/chercheurs/ingénieurs

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

L'informatique Mobile & HPC
Le « Grand Détournement »

- Avril 2010, café « Aramis » sur les GPU
  - **Détournement** des puces graphiques pour le calcul
- Novembre 2011, JRES à Toulouse
  - **Détournement** de stockage local pour le distribuer
- Juin 2012, journée « Aramis » sur la virtualisation
  - **Conclusion** : « émergence des puces ARM en HPC »
- Avril 2013 :
  - Quelle pertinence à me présenter à vous ?
  - Puces de portables vers HPC, prochain détournement ?
  - **Et l'histoire, un perpétuel recommencement ?**

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Le « grand détournement » : d'un GPU à CPU faible TDP

- **Pour le GPU :**
  - « Gros » multiplicateur de matrice
  - Multiplication d'unités simples (plus spécialisées) ~ 1000
- **Pour le CPU à faible TDP**
  - Consommation basse
  - Fréquence adaptative
  - Multiplication de « cœurs » (généraliste & spécialisé)
- **Exploitable comme :**
  - Serveur élémentaire ?
  - Socle pour Sidus ?

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

L'actualité récente, à la une « Le Monde Informatique »

- **5 mars 2013** : *Les serveurs ARM de HP bientôt équipés de puces Texas Instruments*
  - HP prévoit de commercialiser ces serveurs à base de puces ARM au deuxième trimestre de cette année.
- **2 avril 2013** : *Dell travaille sur des prototypes de superordinateurs ARM*
  - « Les processeurs ARM peuvent permettre de faire des économies budgétaires par FLOP et par rack, et certaines institutions n'auront pas de craintes à utiliser un supercalculateur construit autour de processeurs ARM »
- **8 avril 2013** : *Intel dévoile Avoton, sa prochaine puce pour serveur Atom*
  - la dernière puce Atom pour serveur d'Intel, Avoton, optimise les performances et l'efficacité énergétique.
- **9 avril 2013** : *HP lève le voile sur les serveurs du projet Moonshot*
  - Le constructeur affirme ainsi qu'un système Moonshot permet d'économiser 89% d'énergie, 80% d'espace et de réduire ses coûts de 77%

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Deux justifications

- La convergence ?
  - Même socle technique
    - Poste/Station de travail
    - Machine virtuelle locale
    - Nœud de Cluster
  - **Solution** : Sidus
  - Quid architectures ?
    - ARM
    - Intel Atom
    - AMD Fusion

Côté « utilisateur »

- La rationalisation ?
  - Ratio prix CPU/nœud
  - Multiplication cœurs
    - S2 : 2, S4 : 8
  - Recours Accélérateur
    - TPM, GPU
  - Gestion énergie
  - Paradigme du service :
    - 1 service
    - 1 cœur

Côté « constructeur »

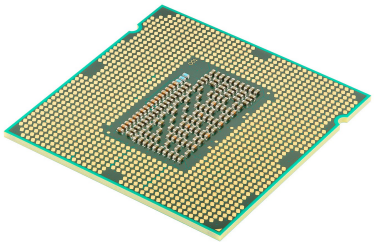
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

SIDUS : déduplication extrême d'environnement de travail

- *Single Instance Distributing Universal System*
  - Boot PXE
  - Exploitation des ressources locales, stockage distant
- Universalité :
  - Pour des nœuds de cluster
  - Pour des postes de travail (salle libre service)
  - Pour des machines « on demand »
  - (Pour l'exploration de machines compromises)
- Socle nécessaire :
  - DHCP/PXE/TFTP/NFS

Un facteur discriminant : la TDP *Thermal Design Power*

- **TDP** : puissance à fournir pour évacuer la chaleur
  - Puissance à dissiper : TDP ~ C V^2 f
  - C : Capacité (~ 1/Résistance), V : tension, f : fréquence
- Pour un physicien : 100W sur 4 cm^2



=

- Refroidir (ou ne pas « trop » consommer) :
  - Une Nécessité...
  - Sinon...

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Comparaison entre architectures
Les points communs

- Des processeurs « RISC »
  - Eh oui ! Intel depuis le P6 (1995), AMD depuis le K5
  - Nombre de registres étendus
  - Mécanismes de *pipeline*
- Des fréquences « comparables » : jusqu'à 1.8 GHz
- Des nombres de cœurs « comparables » : de 2 à 8
- Pour la majorité, « *System On Chip* » : CPU+GPU
  - NorthBridge souvent obsolète (au sens propre ;-))
  - SouthBridge (PCI, Sata, IDE, Ethernet, USB, Bios, ...)

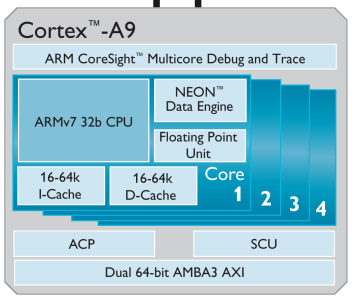
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

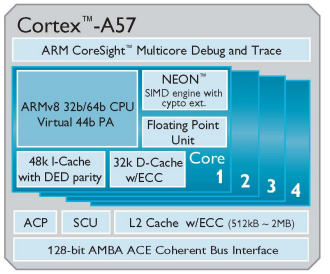
Architecture ARM

ARM POWERED

- Une vieille idée, trop en avance sur son temps...
  - Acorn Computer, 1987 : Acorn Risc Machine

- Des Architectures « v » :
  - La « 7 » la plus répandue, la « 8 » apporte le 64 bits
- Des familles « Cortex »
  - La « A » la plus répandue (A9)





- Des constructeurs : 32 19/9/4 Asie/USA/Europe
  - Samsung (Exynos, Apple A6), Qualcomm, TI
- Des OS : 6 dont Linux (via Android/Ubuntu/Debian)
- Association au « Mali » pour le GPU

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Architecture Intel Atom

- Architecture RISC (Bonnel)
- Des «familles» Z, E, D, N et S (après M et A)
  - D : Desktop, N : Netbook, E : Embedded, S : Server
  - Z : les autres (tablettes, etc...)
- Des constructeurs : bien, comment dire... un seul !
- Des OS : tous ceux des x86 (et x86_64)
- Des circuits graphiques, euh, comment dire... :(
  - Association au Poulsbo dans les premiers
- Une saturation du marché...

Architecture AMD Fusion

- Rachat ATI par AMD en juillet 2006
- Fusion : une nouvelle idée ?
  - APU : Accelerated Power Unit
  - SoC : Radeon HD + North Bridge
- Des « séries » A, E2, Z
  - A : APU (en fait Desktop), E : Embedded, Z : ?
- Des constructeurs : GlobalFoundries, vendu !!!
- Projection : FPU du GPU comme FPU primaire
  - Déjà le PileDriver partagé...

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Comparaison entre architectures
Les différences

« Famille » Serveur

- 32/64 depuis 2006
- L3/L2/L1: xM/256k/32k
- Pas de SoC !

« Famille » ARMv7

- 64 uniquement ARMv8
- L3/L2/L1 : 0/64k/64k
- PowerVR, GeForce ULP

« Famille » ATOM

- 64 ? Ca dépend !
- L3/L2/L1 : 0/512k/32k
- Poulsbo & co...

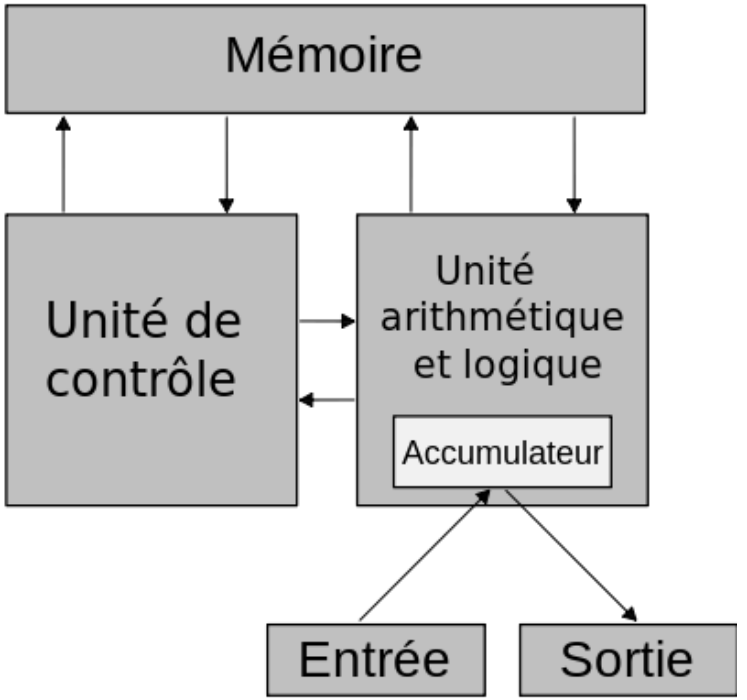
« Famille » Fusion

- 32/64 depuis le début !
- L3/L2/L1 : 0/512k/32k
- Vrai GPU : Radeon HD

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Processeurs embarqués
Le retour de Von Neumann

- Le CPU, « vraiment » UC
  - Processeurs spécialisés
    - Contrôleur mémoire
    - Graphique : GPU
    - Entrée/Sortie : NB intégré
  - Une architecture simplifiée
    - Pas de VT-x/VT-d
    - Pas de cache L3
- Un « System On Chip »
  - SouthBridge intégré parfois



ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

L'informatique embarquée
Architecture de test

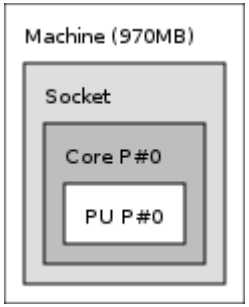
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

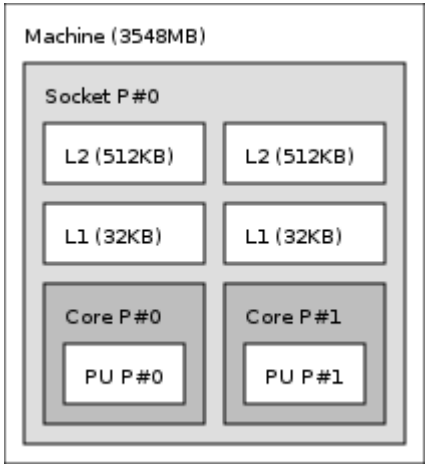
CBP / HPC : Dryden / NASA
Quelles architectures de test ?

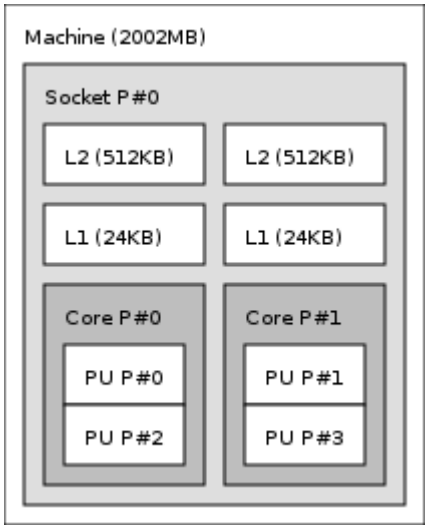
- **Pour les ARM** : Tablette tactile & Smartphone
  - Asus TF700 : Tegra 3 avec Cortex A9
  - Samsung Galaxy S3 : Exynos 4412 avec Cortex A9
- **Pour les Intel Atom** : Tablette tactile, Netbook
  - Dell Mini 1010 : Atom Z530 avec un Pouslbo
  - Clevo : Atom N550 (une « vraie » bonne surprise)
  - Acer Iconia W510 : Atom z2760 & Windows 8 :'-(
- **Pour le Fusion** : Portable « jetable »
  - Asus x55u : Fusion E2-1800 (avec Radeon HD7340)

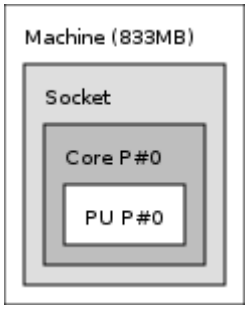
ÉCOLE **NORMALE**
SUPÉRIEURE
DE **LYON**

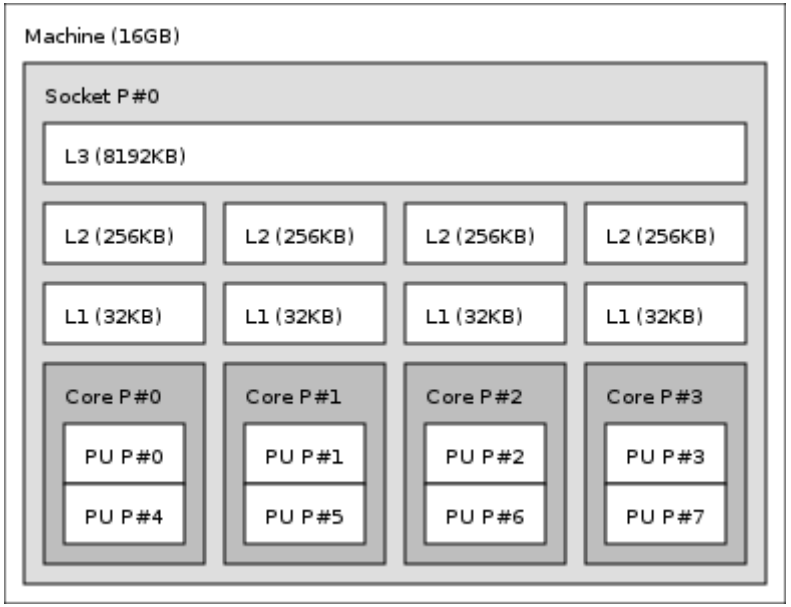
L'informatique embarquée
Un « petit » **hwloc-ls**

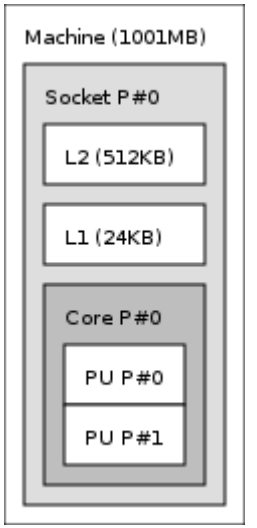












ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

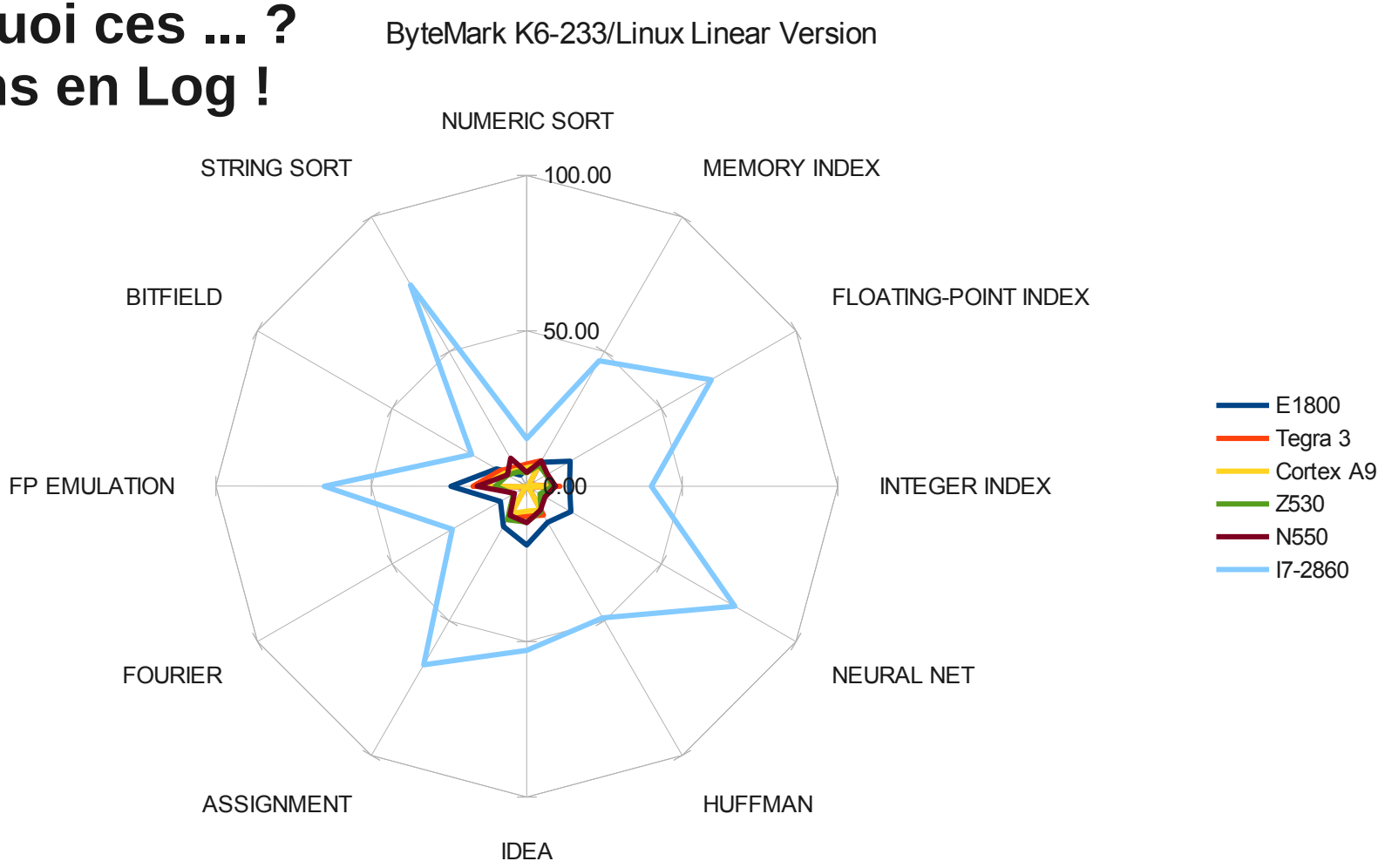
Comment les comparer ? Même OS ? Même Kernel ?

- **Même Kernel ?**
  - **ARM** : tous sur Android 4 ICS ou JB
  - **Atom** : Iconia irréductible à Windows 8
  - **Fusion** : un vrai chemin de croix dans le BIOS !
- **Même OS ?**
  - **ARM** : CyanogenMod 10.1 avec chroot Debian
  - **Atom** : variable !
    - *No problemo* sur Clevo M1110 & N550 (Sidus 32 ou 64)
    - *No problemo* sur Dell Mini1010 & Z530 (Sidus 32)
    - Impossible sur Acer Iconia W510 & Z2760
  - **Fusion** : un peu galère (UEFI & Secure Boot)

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

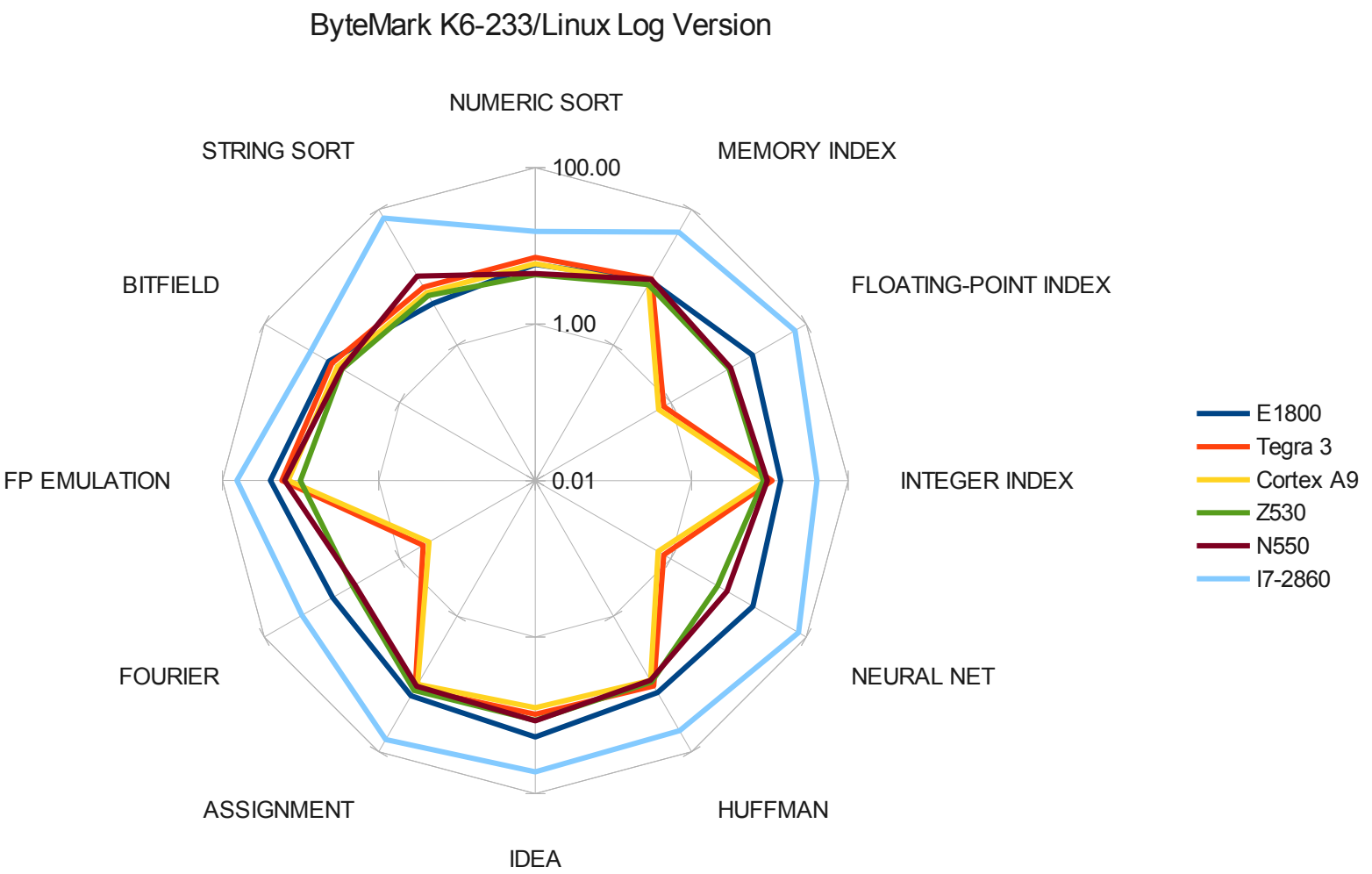
Un « vieux » test des nineties ByteMark devenu NBench

C'est quoi ces ... ?
Passons en Log !



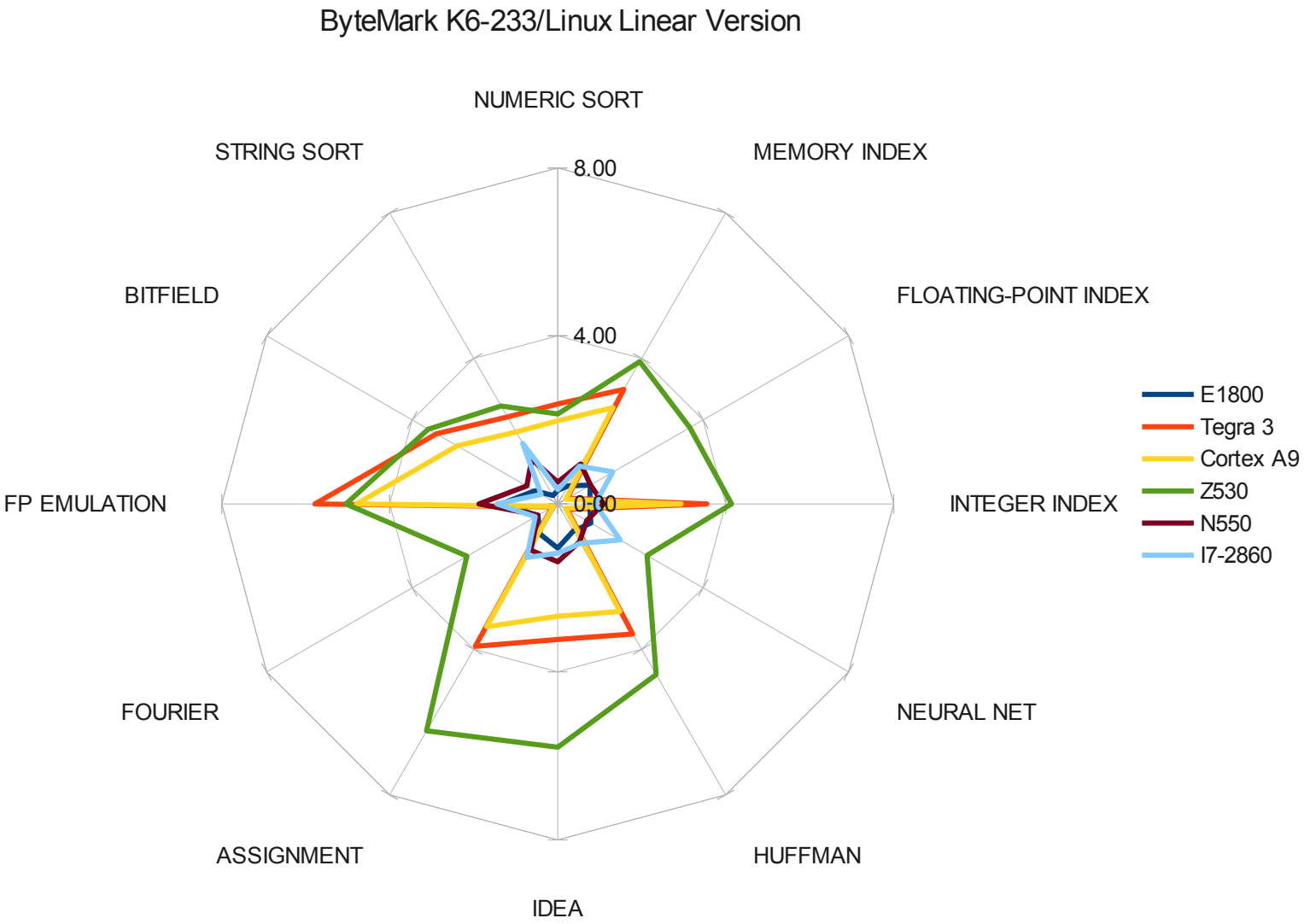
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Nbench pour les 6 architectures : Passage en log pour le désastre



ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Nbench rapporté au TDP
Des éléments s'affinent...



ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Quelles conclusions « Nbench » ?

- Pour les architectures ARM
  - Un comportement honorable pour les tests entiers
  - Des performances indigentes en flottant
- Pour les architectures Atom
  - La TDP « plombe » les séries N 64 bits
  - La série Z530, malgré son âge, est la plus équilibrée
- Pour les architectures Fusion
  - Une performance moyenne pour un portable
  - La TDP anéantit son classement

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Un test universel pour le //isme
Le « Monte Carlo Pi »

- Pertinent ? Pi est irrationnel, et pourtant
- Facile : exemple très simple à implémenter
- Très « optimisable » par les compilateurs
- Facilement parallélisable : pThreads, OpenMP, MPI
- Implémentation GPU (Cuda & OpenCL)
- Quel intérêt ?
  - Test : mix entre calculs entier/flottant/test/boucle
  - Capacité à exploiter les cœurs périphériques

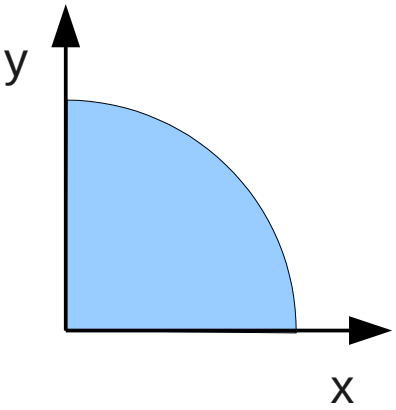
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Un test universel pour le //isme
Le « Monte Carlo Pi »

Cœur de Calcul

```
#define znew  ((z=36969*(z&65535)+(z>>16))<<16)
#define wnew  ((w=18000*(w&65535)+(w>>16))&65535)
#define MWC   (znew+wnew)
#define MWCfp MWC * 2.328306435454494e-10f

LENGTH MainLoopGlobal(LENGTH iterations,unsigned int seed_w,unsigned int seed_z)
{
   unsigned int z=seed_z;
   unsigned int w=seed_w;
   unsigned  long total=0;
   for (LENGTH i=0;i<iterations;i++) {
      float x=MWCfp ;
      float y=MWCfp ;
      // Matching test
      int inside=((x*x+y*y) < 1.0f) ? 1:0;
      total+=inside;
   }
   return(total);
}
```

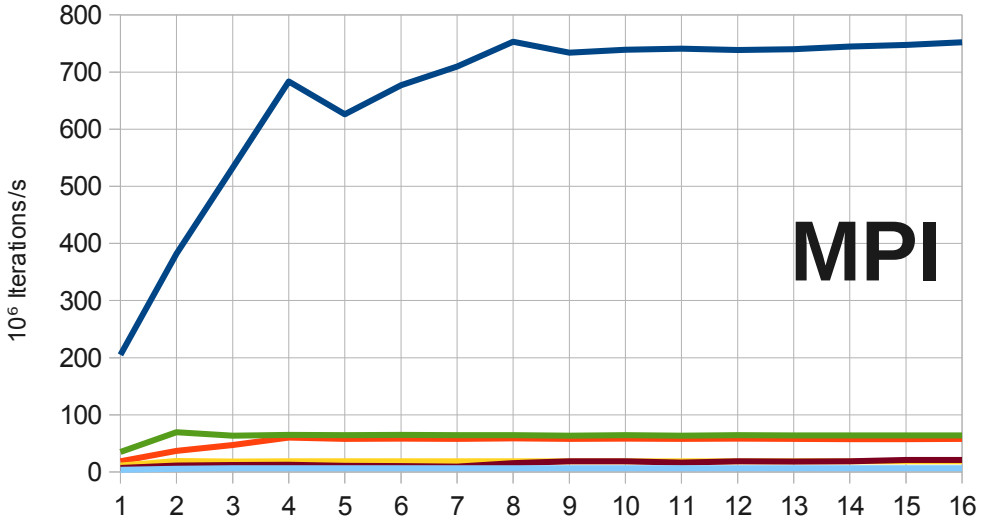
Programme principal

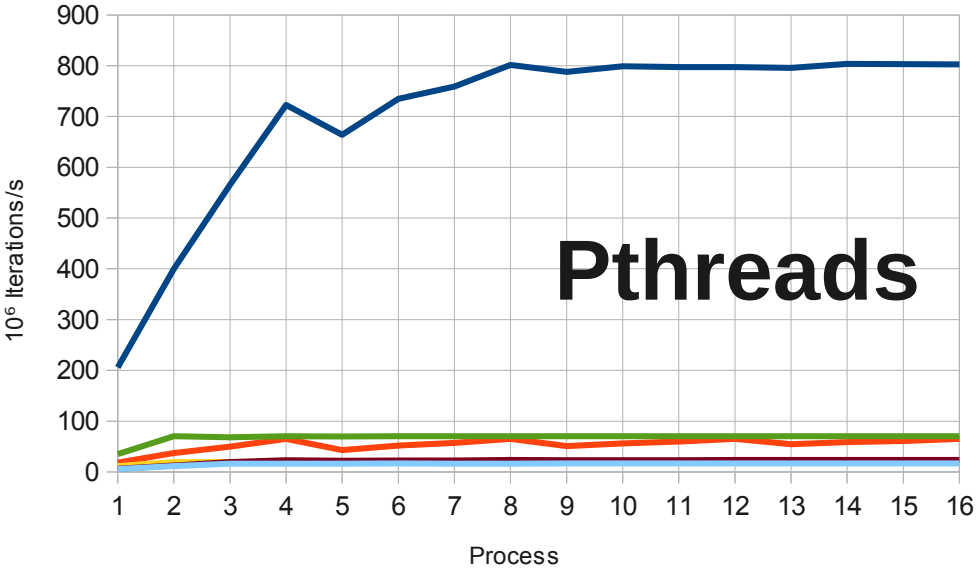


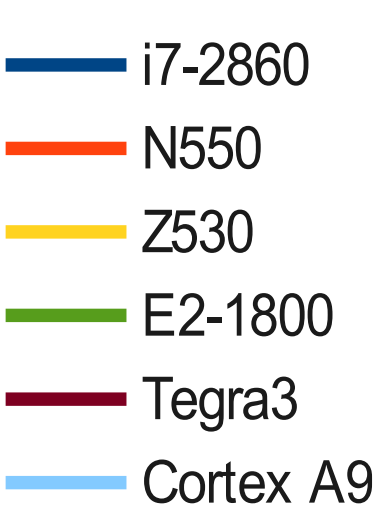

```
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
  unsigned int seed_w=10,seed_z=10;
  LENGTH iterations=ITERATIONS;
  if (argc > 1) {
    iterations=(LENGTH)atol(argv[1]);
  }
  else {
    printf("\n\tPi : Estimate Pi with Monte Carlo exploration\n\n\t\t#1 : number of iterations (default 1 billion)\n\n");
  }
  float pi=(float)MainLoopGlobal(iterations,seed_w,seed_z)/(float)iterations*4;
  printf("\tPi=%f with error %f and %lu iterations\n\n",pi,
        fabs(pi-4*atan(1))/pi,(unsigned long)iterations);
}
```

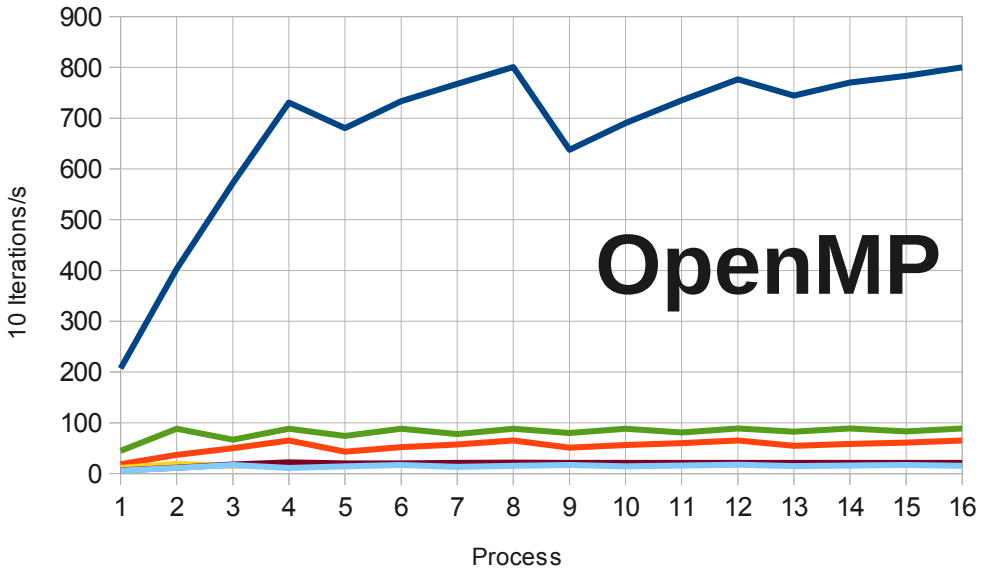
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

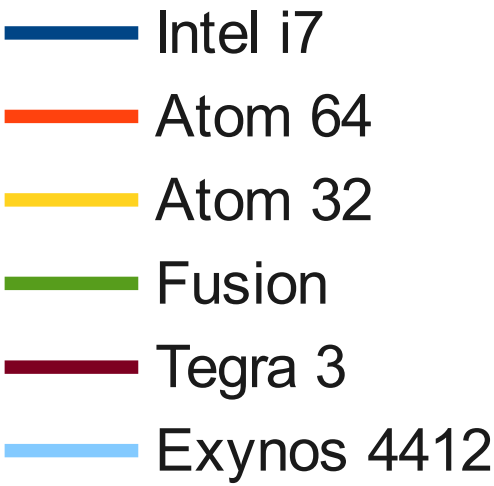
Comparaison PiBench //isme
Des résultats... à analyser...





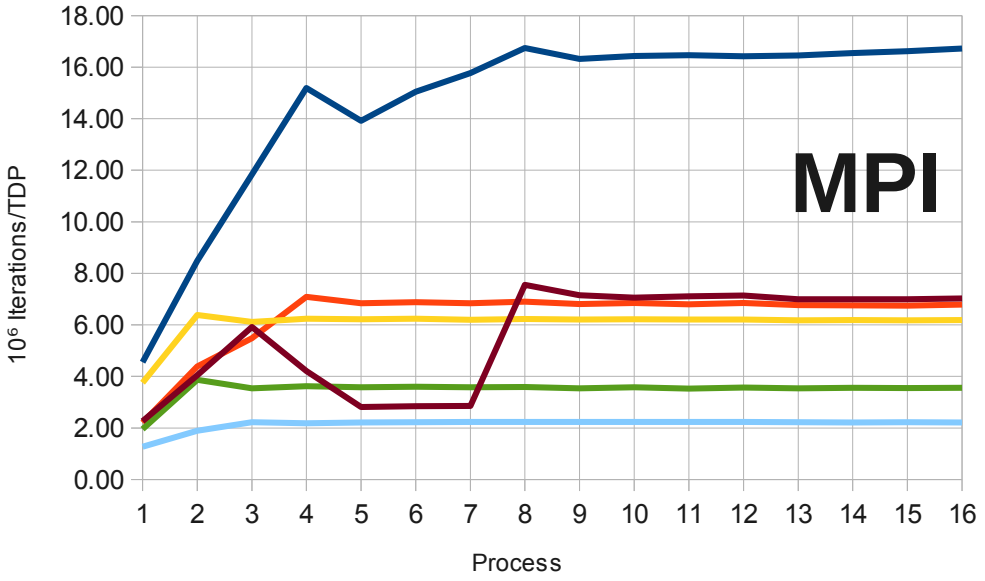


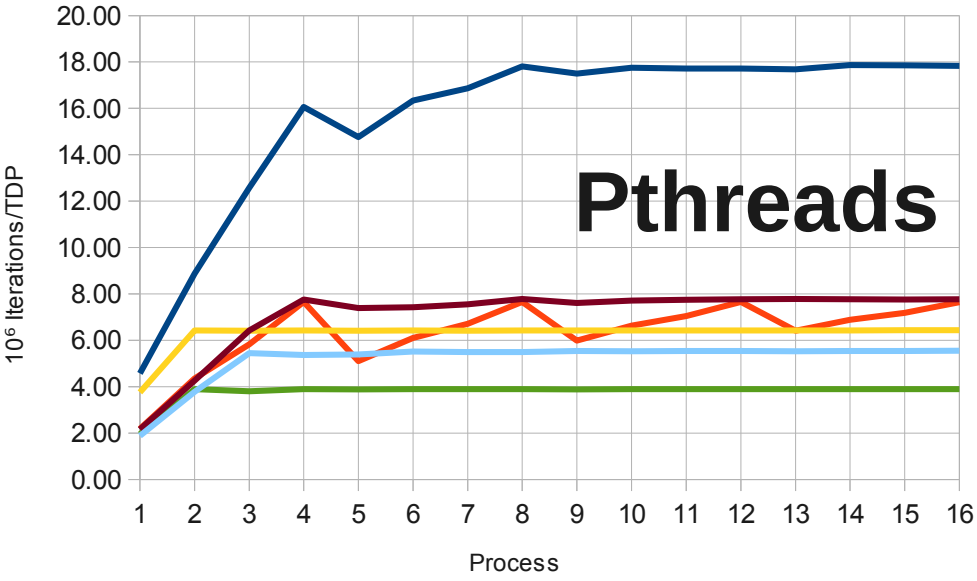


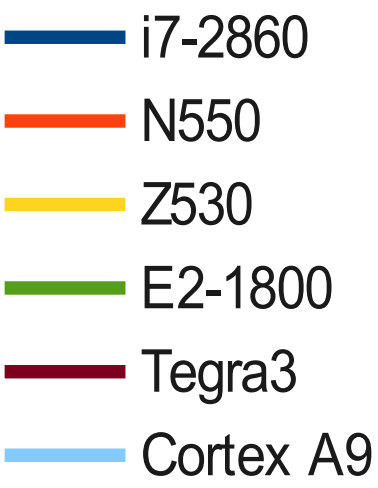


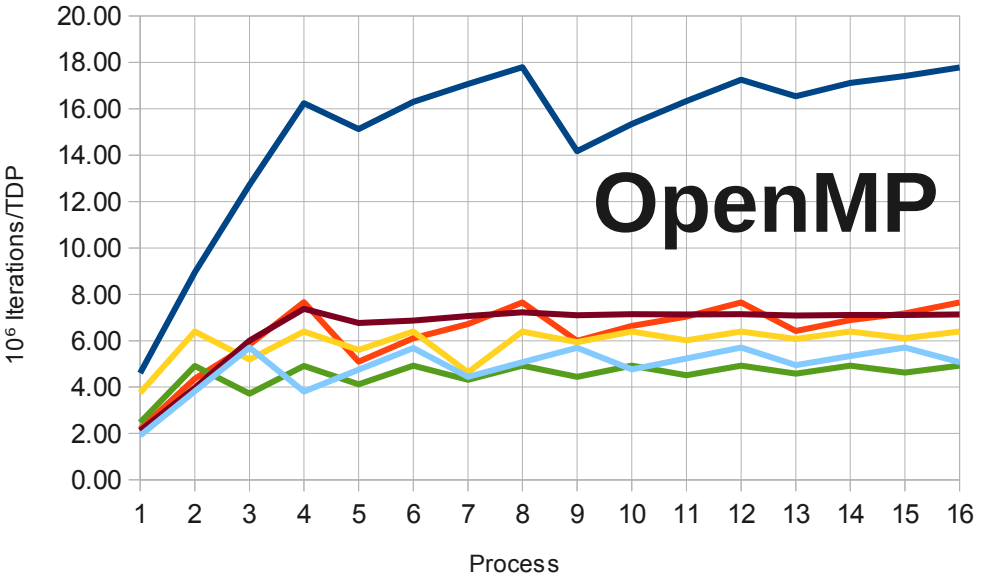
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE

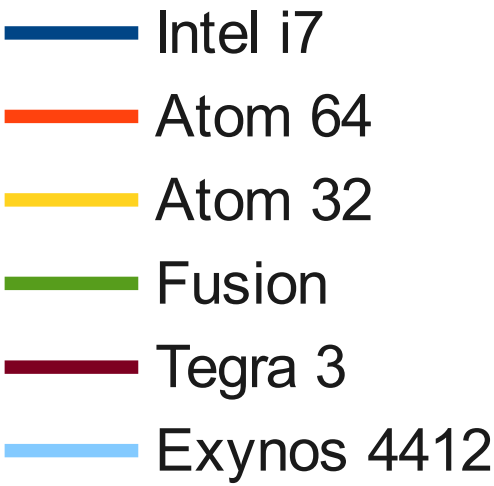
Comparaison PiBench //isme
Retour à la consommation





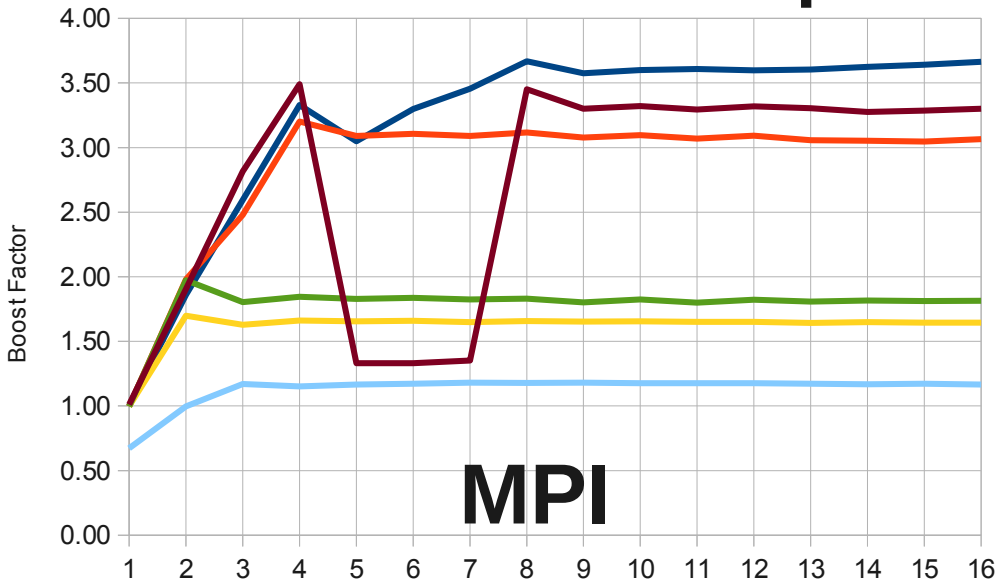


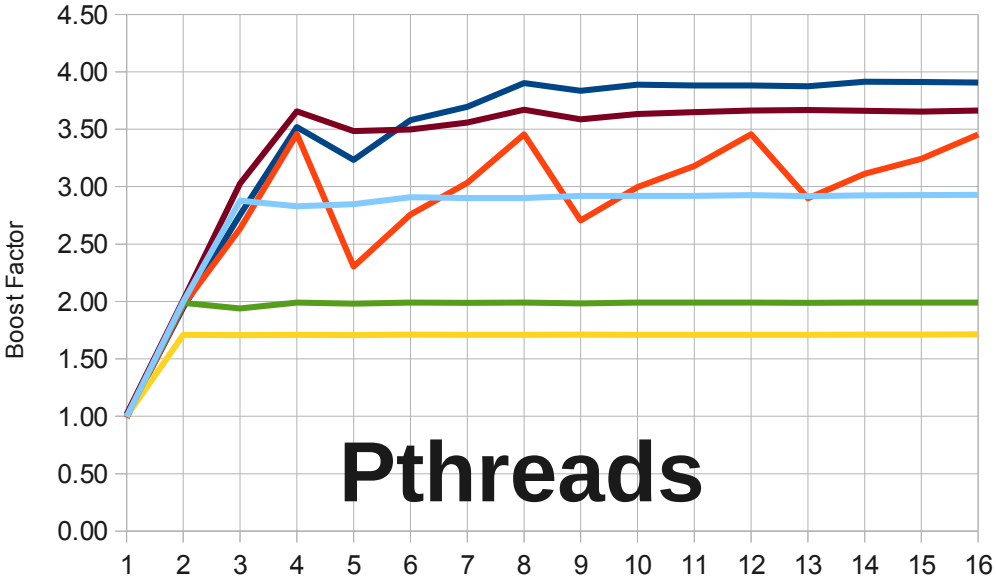


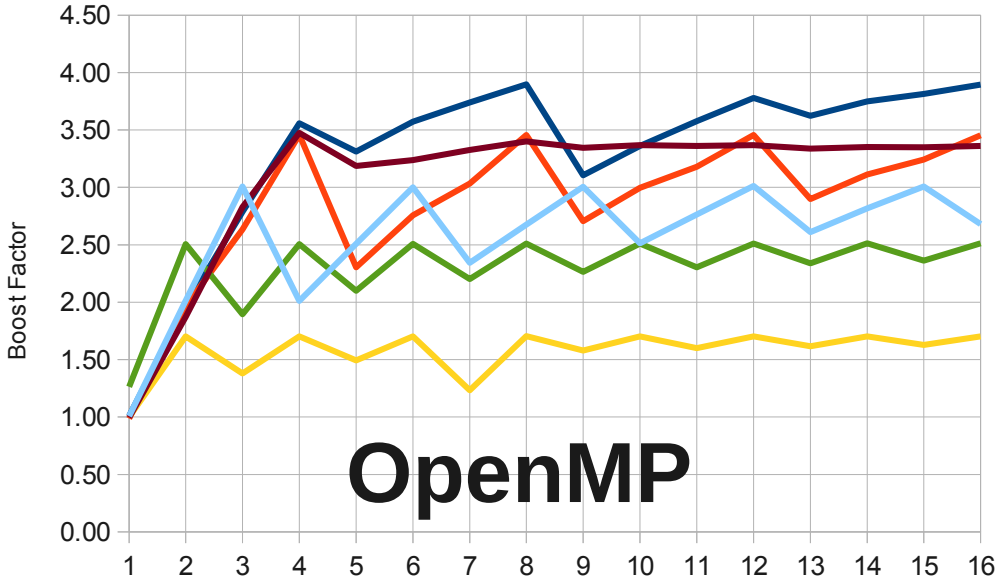


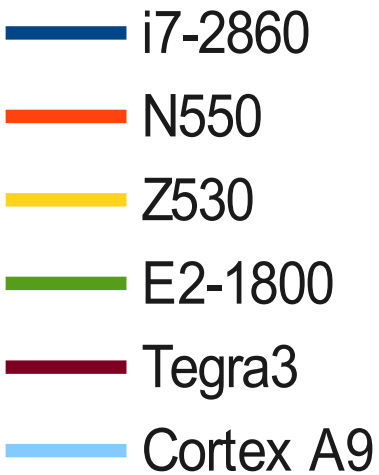
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

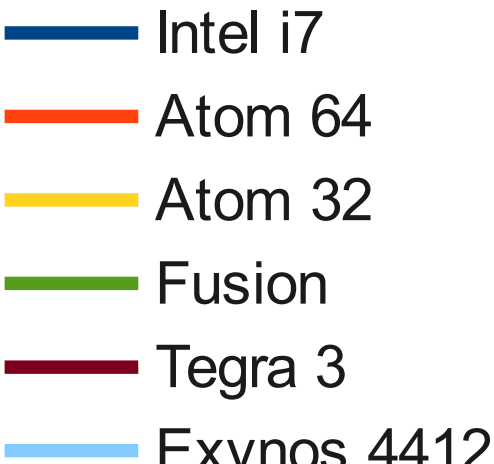
Comparaison PiBench //isme
Des comportements étonnants ?







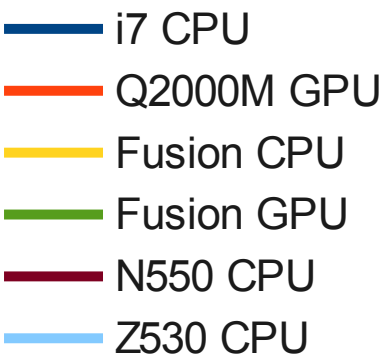


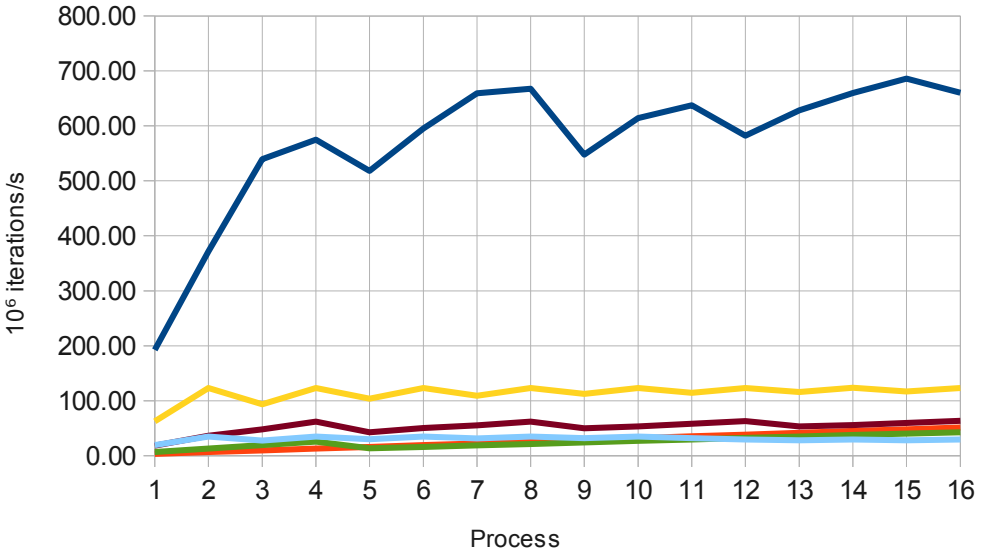


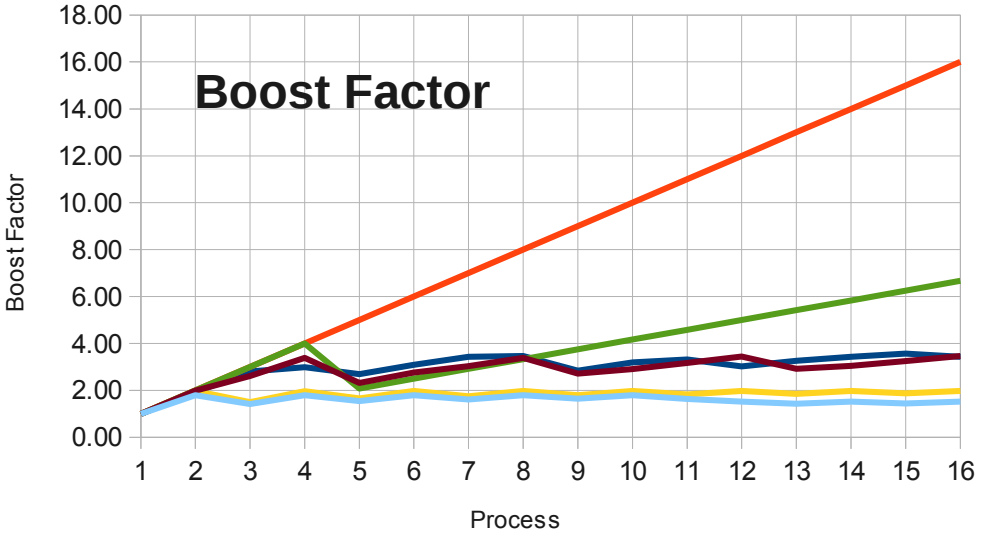
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Et en OpenCL ? Comparaison CPU/GPU

- Pour les CPU ?
  - Comportement conforme
  - I7 pas terrible
- Pour les GPU :
  - Bien linéaires...



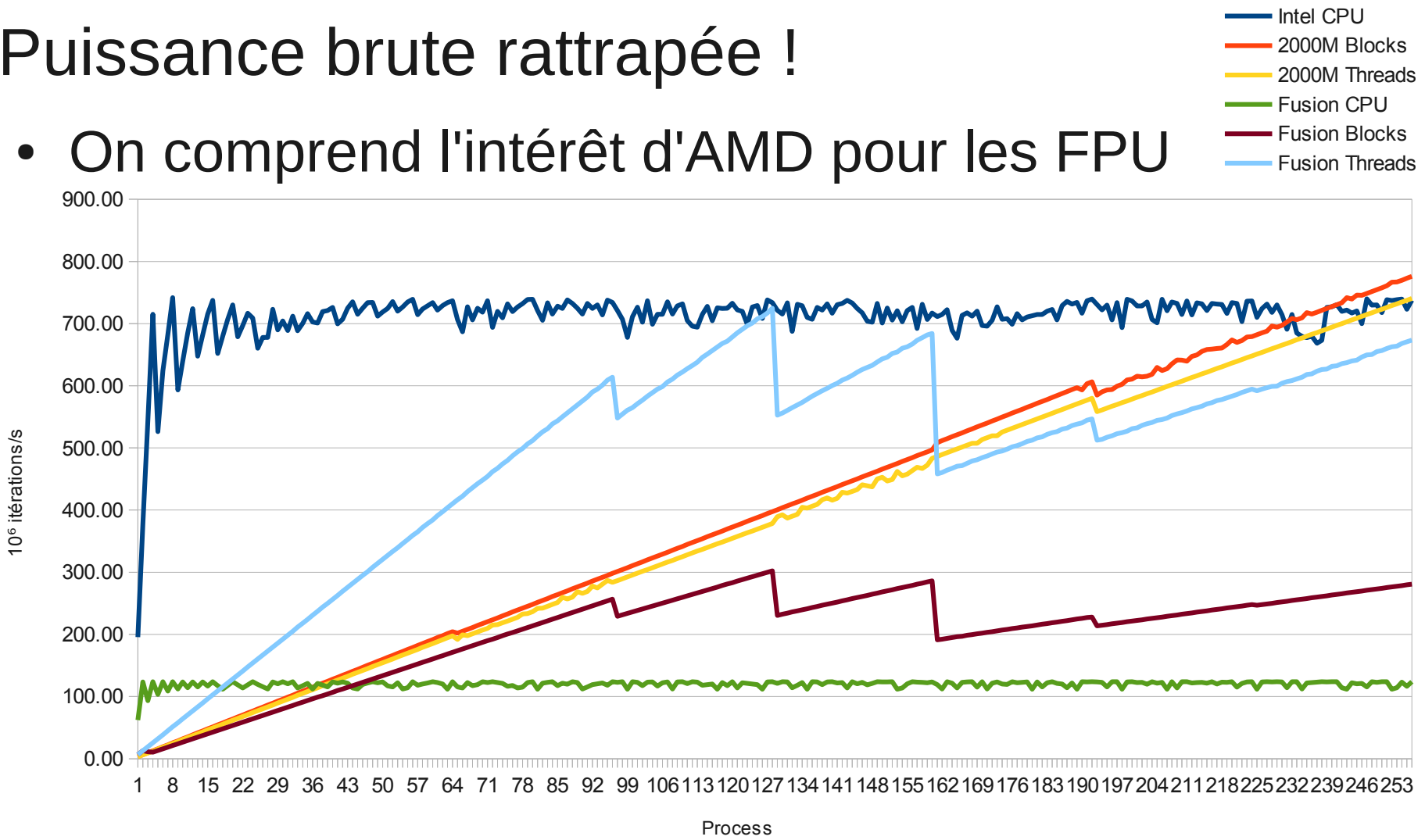




ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

OpenCL : et pour de nombreux threads ?

- Puissance brute rattrapée !
  - On comprend l'intérêt d'AMD pour les FPU



La puissance « brute » est à chercher dans les GPU !

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Le Futur ? Retour au problème...

- La **convergence** ? (un même socle pour HPC)
  - Le poste de travail évolue : de - en - de postes de travail
  - Les BYOD « doivent » permettre de travailler !
  - Les applications le doivent, mais les OS plus encore...
- La **rationalisation** ? (des CPU universels)
  - De vieilles recettes recyclées (APU dans CPU)
  - Serveur élémentaire ? Pas pour tout de suite...
- **Pour nous, ITRF BAP E** :
  - Investissement sur de nouveaux langages : OpenCL
  - Émergence de nouveaux métiers : pilote d'essais

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Iconographie

- http://digital-lifestyles.info/2008/03/03/intel-atom-proc
- Eric Gaba – Wikimedia Commons user: Sting
- http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-intel
- http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-hp-l
- Photos : ACER, ASUS, Dell, Samsung,
- Logos : AMD, Intel, ARM