



De l'informatique scientifique du Centre Blaise pascal en général à l'usage de ses ressources en particulier

Emmanuel Quemener
IR CBP

Le CBP, c'est quoi ?

- Centre Blaise Pascal : Maison de la modélisation
 - Hôtel à projets, à conférences, à formation
- Hôtel à projets :
 - Plateaux techniques de la plateforme expérimentale : une dizaine...
 - Paillasse numériques à destination des laboratoires
- Hôtel à formations :
 - ATOSIM (Erasmus Mundus)
 - Formation continue de chercheurs & personnels techniques
 - Formation avancée : M1, M2 en physique, chimie, géologie, biologie
- Un centre d'essais...

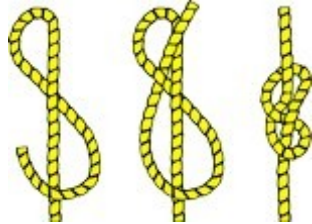
Le calcul scientifique et son vocabulaire

Une Matrioshka en Silicium & Cuivre

Grappe



Nœud



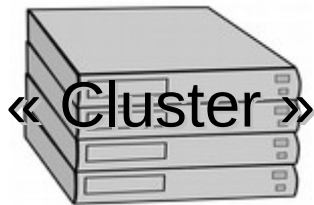
Socquette



Cœur ... Jarretière !



Voilà ce que cela signifie dans le langage des informaticiens !



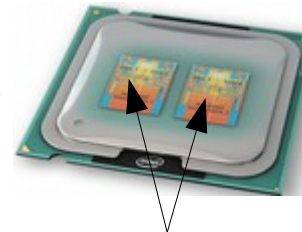
« Cluster »



« Node »



« Socket »

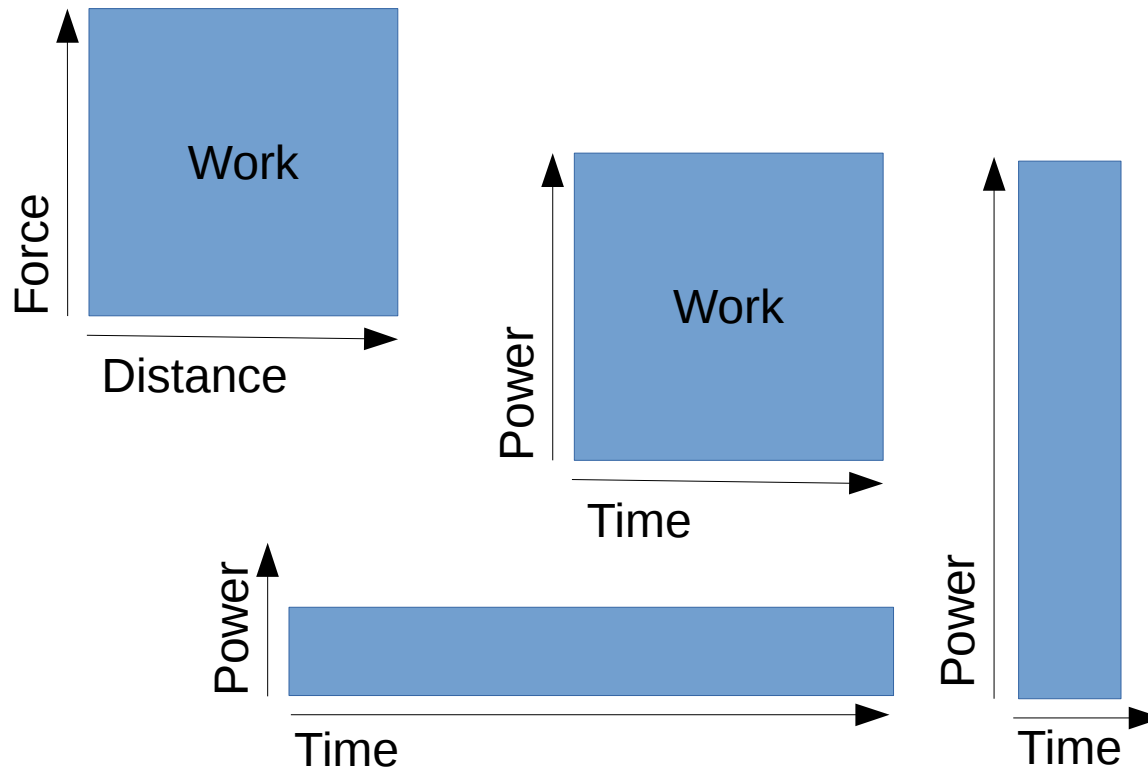


« Cores »



« Energie » en calcul scientifique...

Le point du vue du physicien



Comme en Mécanique Auto

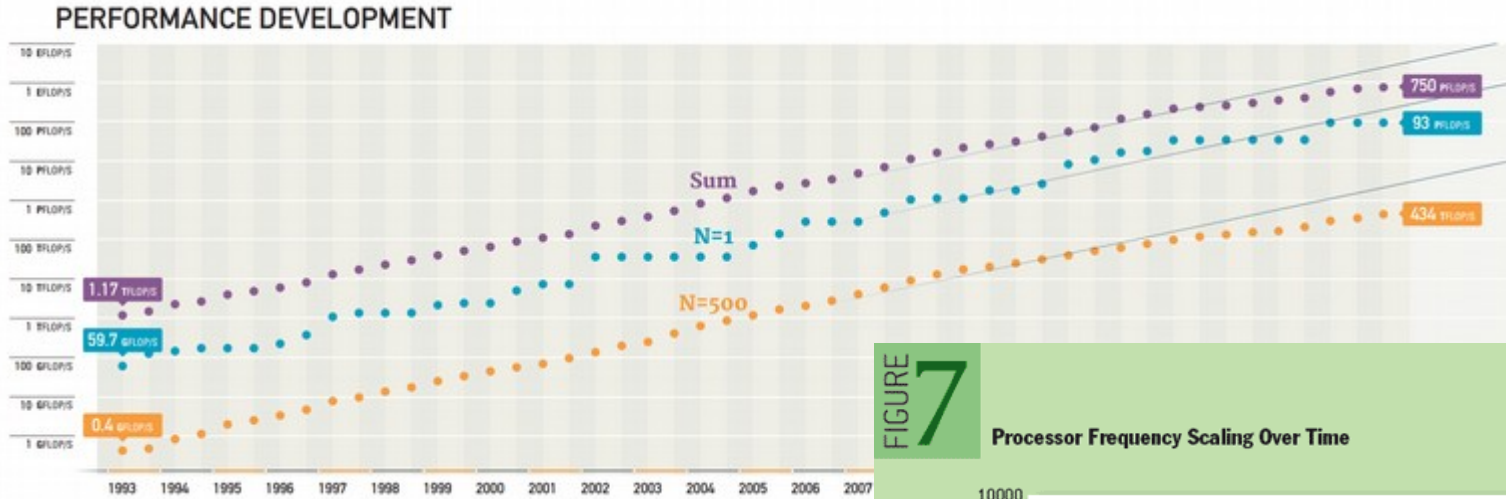
La puissance définie
comme un produit de :

- Puissance unitaire
- Fréquence
- Nombre d'unités

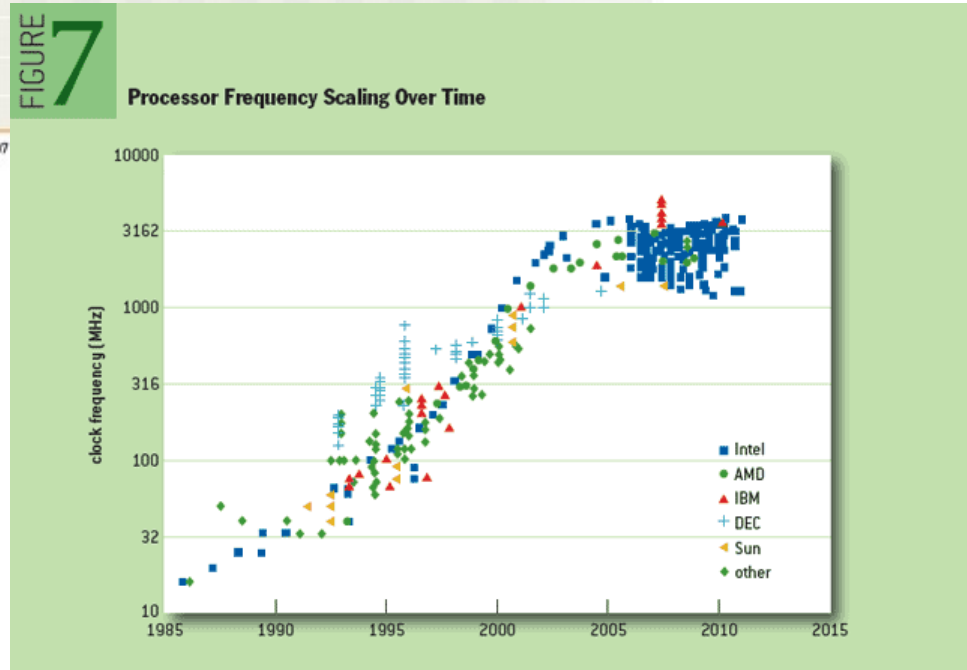
$$W = \int_{x_1}^{x_2} F dx = \int_{t_1}^{t_2} P dt$$

Caractérisation des « moteurs » de traitement à x0000 unités...

Un cadre historique particulier : Comment augmenter sa puissance ?



... avec un tassement
(voire une régression)
de la fréquence ?



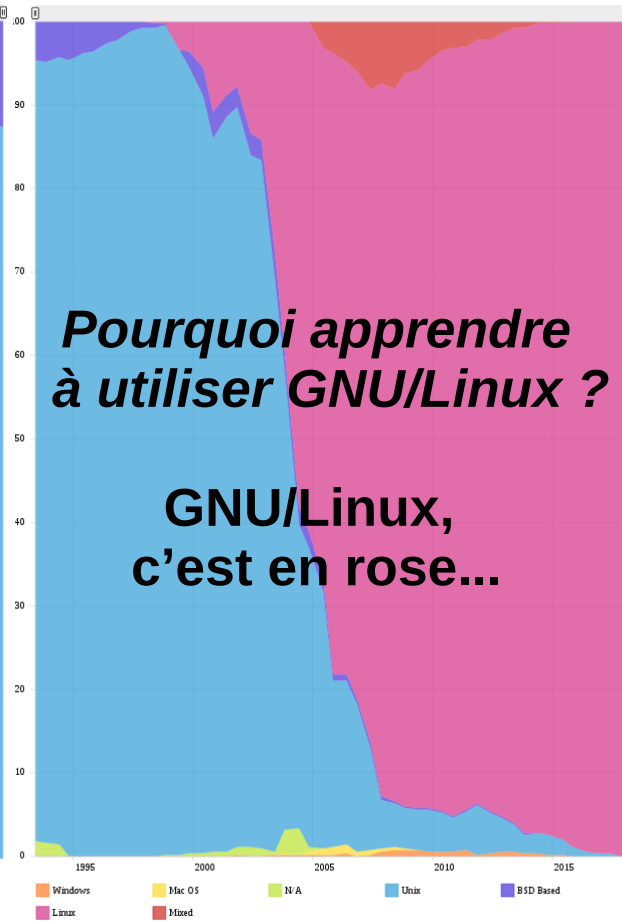
TOP 500 : votre futur est là !

Architectures, OS & accélérateurs...

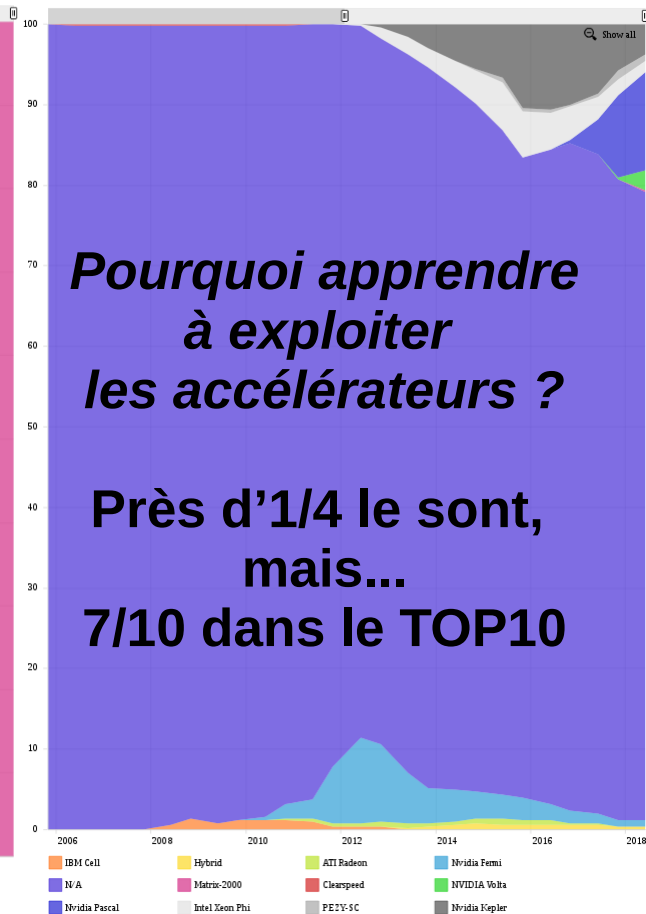
Architecture - Systems Share



Operating system Family - Systems Share

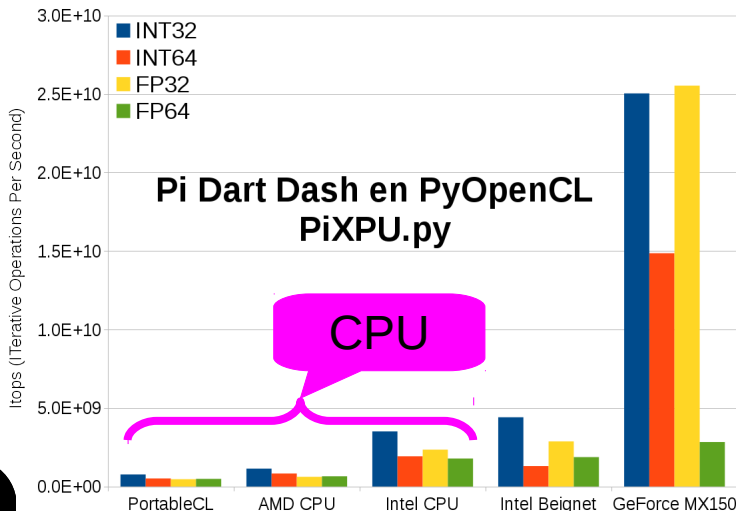
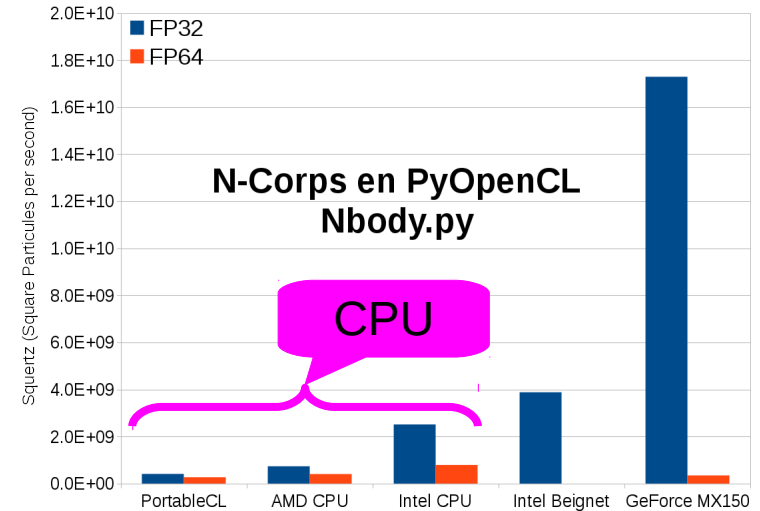
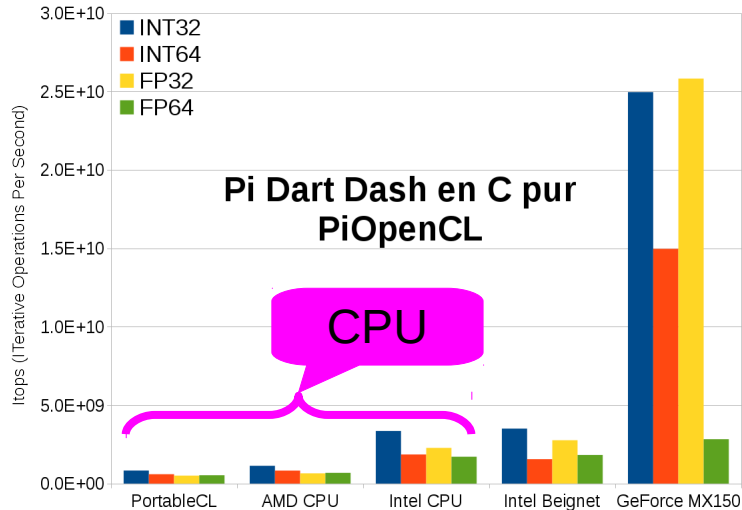


Accelerator/CP Family - Systems Share



Sur un laptop, la réalité, c'est ça :

Petit exemple cette machine...



- Un « Pi Monte Carlo »
 - En C/OpenCL
 - En Python OpenCL
- Un « N-Corps naïf »

Comment programmer en parallèle ?

Séparer/Fusionner les processus

- Pipeliner à grain fin :

- 5 instructions simples @ chaque pas

- Chargement de l'instruction
- Décode de l'instruction
- Exécution
- (Mémorisation)
- Écriture en retour

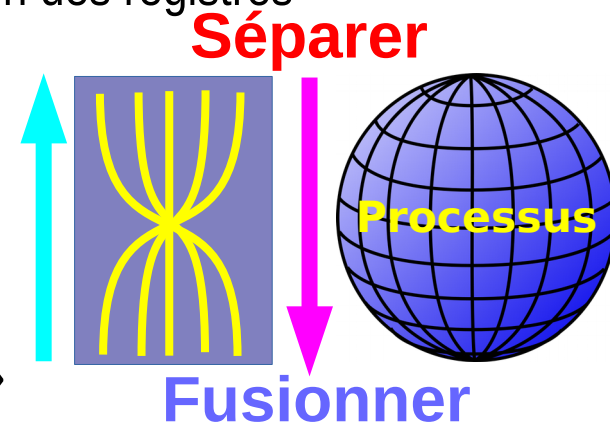
Instr. No.	Pipeline Stage						
1	IF	ID	EX	MEM	WB		
2		IF	ID	EX	MEM	WB	
3			IF	ID	EX	MEM	WB
4				IF	ID	EX	MEM
5					IF	ID	EX
Clock Cycle	1	2	3	4	5	6	7

- 2 spécifications des RISC : 1 instruction/cycle, exploitation des registres

- Deux approches

- Vectorisation : Fusion/Processus/Séparation
- Distribution : Séparation/Processus/Fusion

- En fait, paralléliser, c'est plutôt « médianiser »



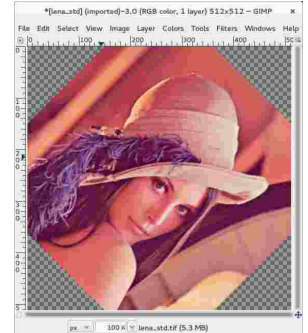
Quelques vérités (ou contre-vérités) sur Linux & al

- Linux est un système d'exploitation :
 - Faux, c'est un noyau... Debian est un système d'exploitation
- Linux n'est présent que sur des serveurs ou des nœuds de calcul
 - Faux : Android, c'est un noyau Linux
- Linux est incontournable pour faire du calcul scientifique
 - Faux : tous les outils sont installables sur d'autres OS (mais sans moi)...
 - Vrai : 100% des systèmes HPC du TOP 500 sont sous noyau Linux
- Les nœuds de HPC sont plus performants que les stations de travail
 - Faux : la puissance brute ne réside pas nécessairement dans le processeur
 - Faux : les processeurs récents le sont d'abord sur les portables

A l'intérieur du terminal, le shell

Toute la puissance de la commande en ligne

- Obtenir un ensemble de rotations de Lenna de 1° à 90°
 - En GIMP, pour une rotation : 12 clics & 38 secondes
 - Donc au total, presque 1 heure
 - En commande en ligne : 4 secondes ou 1.52 secondes
 - Version standard : `seq 0 1 90 | time xargs -I '{}' convert -rotate '{}' -crop 512x512 lena_std.tif lena_std_{}.tif`
 - Version parallélisée : `seq 0 1 90 | time xargs -P 32 -I '{}' convert -rotate '{}' -crop 512x512 lena_std.tif lena_std_{}.tif`
- Au total moins de 2 secondes, c'est 2500 fois plus rapide ;-)



Une Plateforme expérimentale

10 plateaux techniques permanents

- Multi-nœuds : 9 grappes de 2 à 64 nœuds sous SIDUS
 - Nœuds/Cœurs : 2/4, 2/8, 4/16, 8/64, 8/64, 64/512, 4/48, 16/192, 8/64
- Multi-cœurs : de 2 à 28 cœurs, de 1.8 à 4.7 GHz sous SIDUS
- (GP)GPU : 65 modèles différents de GPU (AMD & Nvidia)
- Intégration : 20 machines virtuelles : Debian de Lenny à Sid en 32 & 64 bits, ...
- Matériel exotique : 3 ARMv7 sous Debian Jessie ou Ubuntu
- Plateau technique 3D :
 - 2 stations, 2 vidéoprojecteurs, 20 moniteurs, 4 paires de lunettes
- COMOD : « Compute On My Own Device » sous SIDUS
- Paillasses numériques
- Portail « galaxy » de bioinformatique
- Atelier 3IP : *Introduction Inductive à l'Informatique et au Parallélisme* sous SIDUS

Le socle logiciel du Centre Blaise Pascal

La distribution Debian (& sa version Stretch)

- Quoi ?
 - Un ensemble cohérent de programmes
- Pourquoi ? Et bien, parce que...
 - elle est « libre »
 - c'est la plus complète !
 - Pour les programmes : 80000 paquets
 - Pour les architectures matérielles : 11
 - Pour les noyaux : Linux, KfreeBSD, Hurd
 - elle offre un excellent contrôle qualité
- Comment ?
 - Majoritairement SIDUS !



debian

Plateau multi-nœuds : 9 grappes

116 nœuds, 4 vitesses réseaux



2 nœuds Sun V20Z avec AMD 250
4 cœurs physiques @2400MHz
Interconnexion Infiniband SDR 10 Gb/s

2 nœuds Sun X2200 avec AMD 2218HE
8 cœurs physiques @2600MHz
Interconnexion Infiniband DDR 20 Gb/s

8 nœuds Sun X4150 avec Xeon E5440
64 cœurs physiques @2833MHz
Interconnexion Infiniband DDR 20 Gb/s

64 nœuds Dell R410 avec Xeon X5550
512 cœurs physiques HT @2666MHz
Interconnexion Infiniband QDR 40 Gb/s

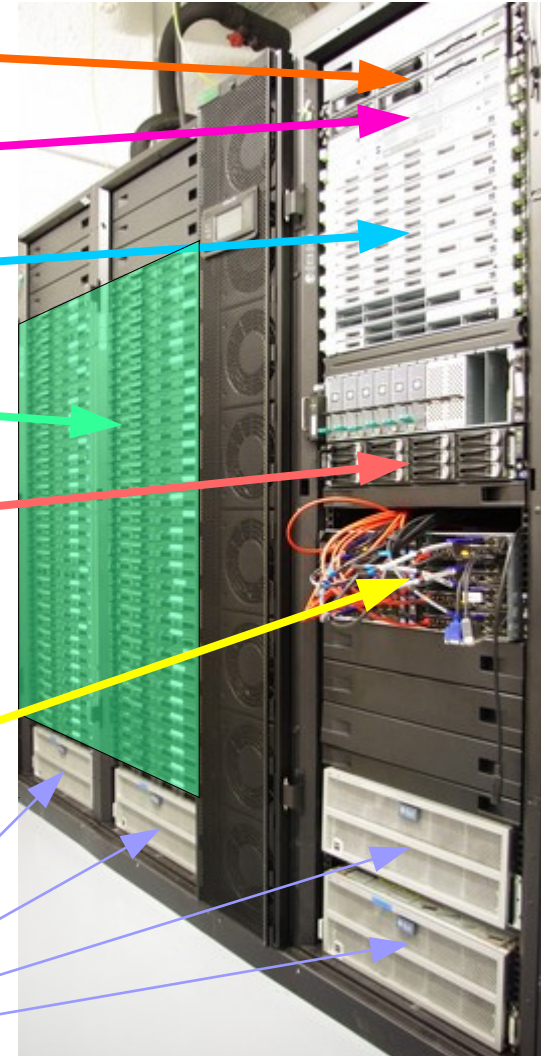
4 nœuds Dell C6100 avec Xeon X5650
48 cœurs physiques HT @2666MHz
Interconnexion Infiniband QDR 40 Gb/s
+ C410X avec 4 GPGPU

16 nœuds Dell C6100 avec Xeon X5650
192 cœurs physiques HT @2666MHz
Interconnexion Infiniband QDR 40 Gb/s

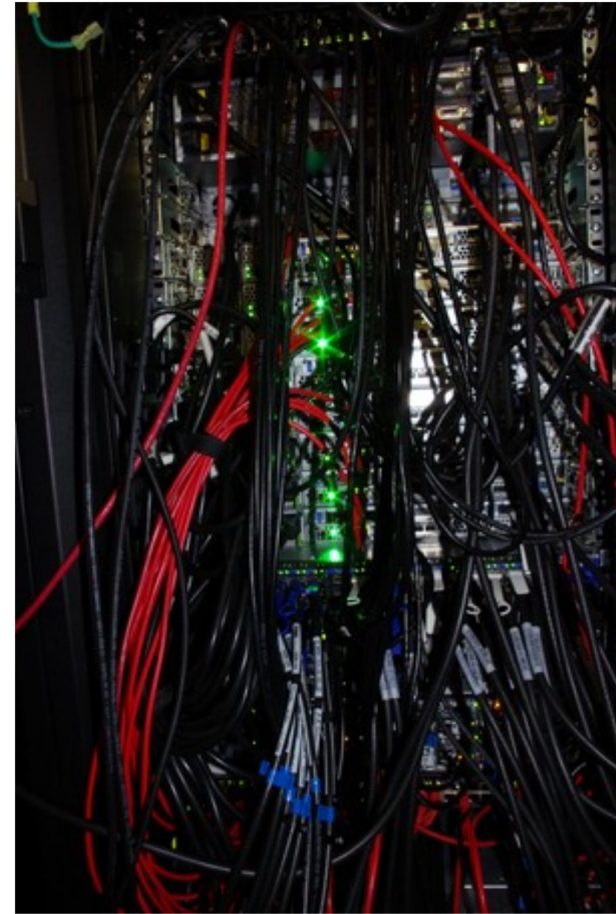
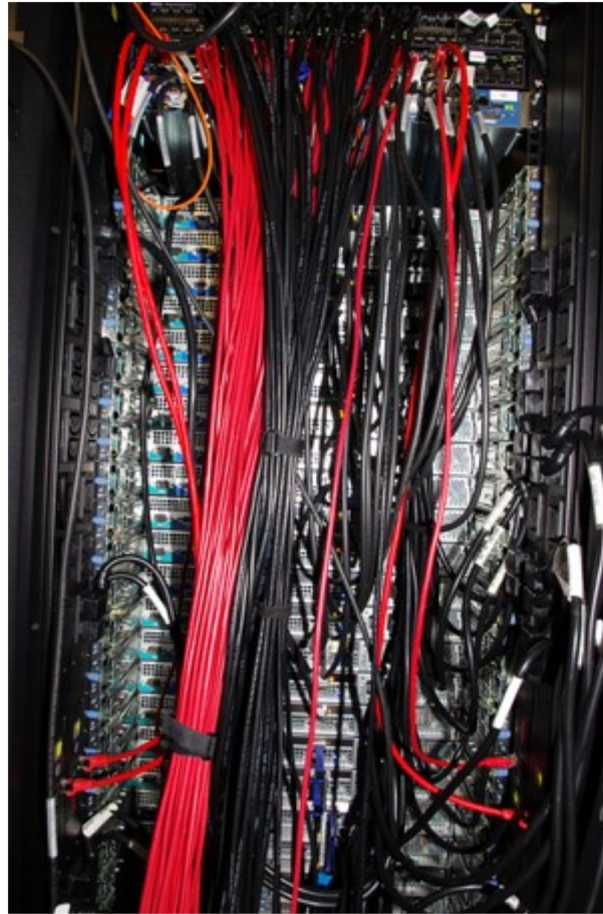
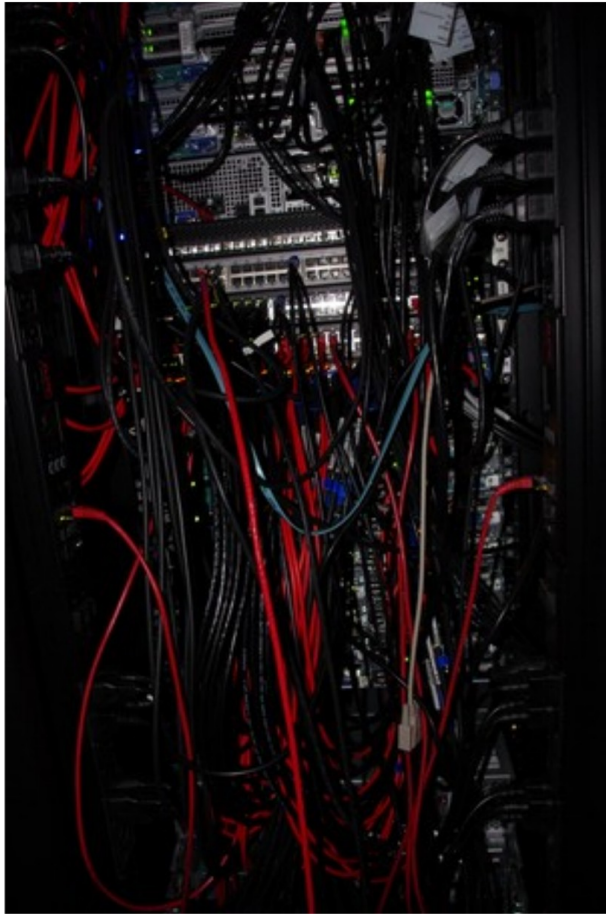
8 nœuds HP SL230 avec Xeon E5-2667
64 cœurs physiques HT @2666MHz
Interconnexion Infiniband FDR 56 Gb/s

8 nœuds Dell R410 avec Xeon X5550
64 cœurs physiques HT @2666MHz
Interconnexion Infiniband DDR 20 Gb/s

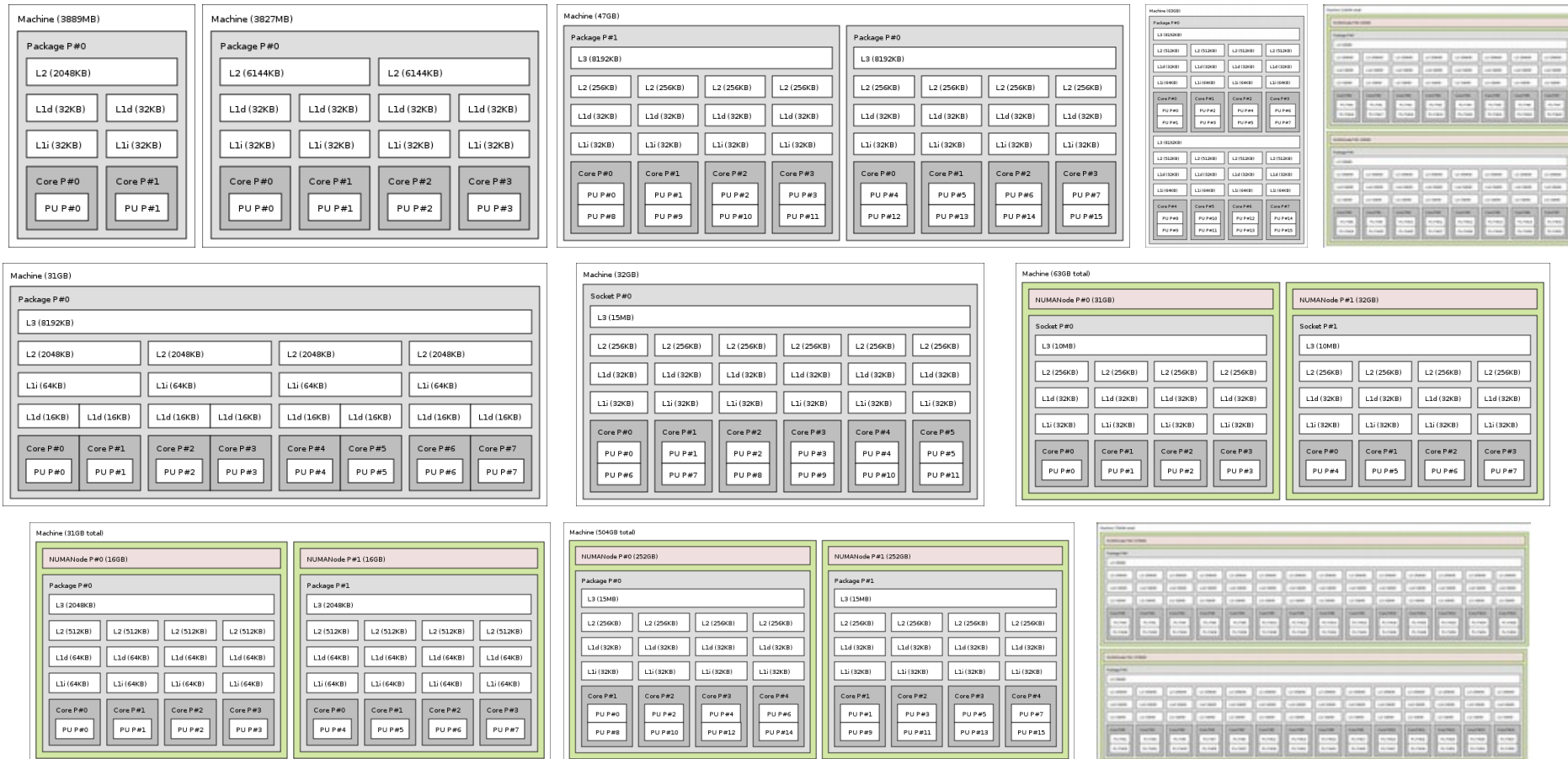
4 nœuds Sun X4500 avec AMD 285
16 cœurs physiques @2400MHz
Interconnexion Infiniband SDR 10 Gb/s



Ça c'était le recto... Et le verso ?

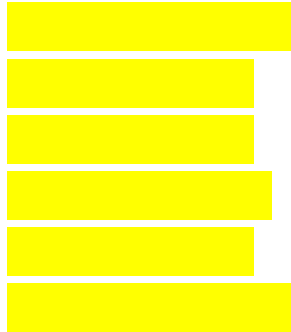


Plateau multi-cœurs de 2 à 28 cœurs : petit bestiaire...

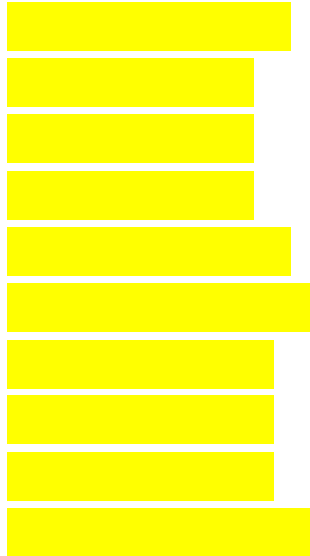


Plateau multi-shaders : (GP)GPU 65 modèles différents...

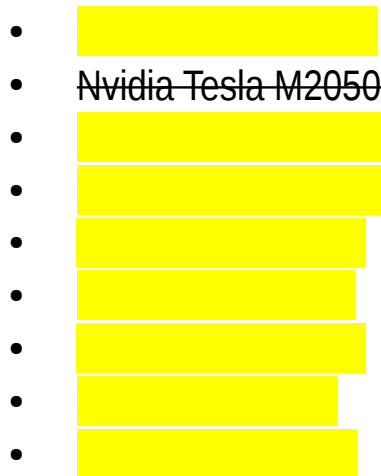
GPU Gamer : 17



Nvidia GTX 750



GPGPU : 9



GPU desktop & pro : 27

- NVS 290
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- Nvidia Quadro 2000
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- Nvidia 8400-GS
- Nvidia 8500-GT
- Nvidia 8800-GT
- Nvidia 9500-GT
- Nvidia GT 220
- Nvidia GT 320
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- Nvidia GT 710
- [redacted]
- [redacted]
- Nvidia Quadro 2000M
- Nvidia Quadro K4000M
- Nvidia Quadro M2200
- Nvidia MX150

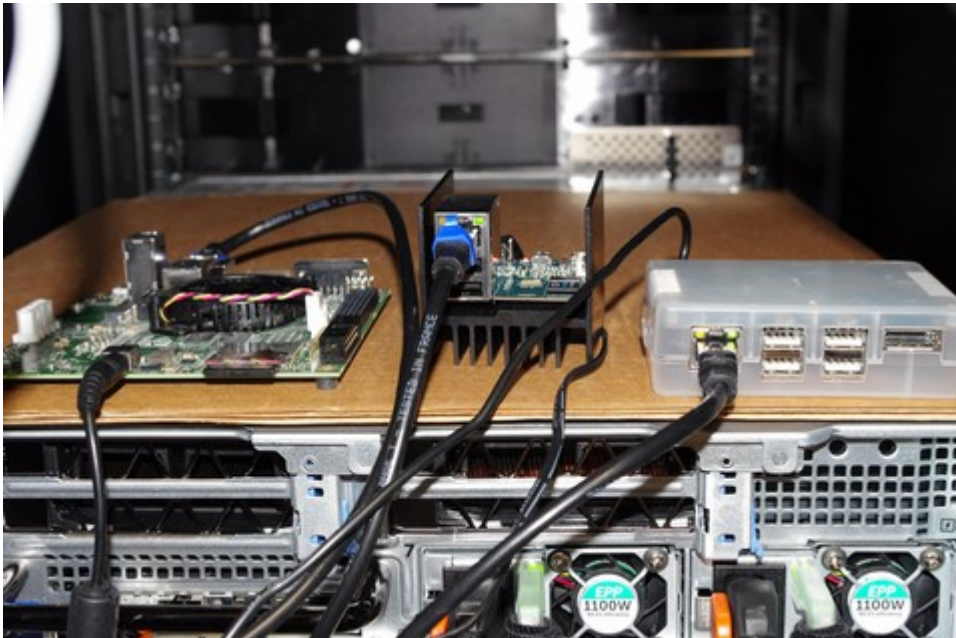


GPU AMD Gamer & al : 12

- HD-4350
- HD-4890
- HD-5850
- HD-5870
- HD-6450
- HD-6670
- Fusion E2-1800-GPU
- [redacted]
- [redacted]
- FirePro W5000
- [redacted]
- R7-240
- [redacted]
- [redacted]
- Nano-Fury
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

Plateau « architectures exotiques »

L'informatique d'avant, d'à côté...



- Processeur ARM
- SoC Exynos

Et de demain !

Plateau d'intégration logicielle

Distributions GNU/Linux : 32 et 64 bits



debian

- Lenny 5
- Squeeze 6
- Wheezy 7
- Jessie 8
- Stretch 9
- Sid



- Yakkety Yak 10.04
- Utopic Ucorn 12.04
- Precise Pangolin 14.04
- Lucid Lynx 16.04



CentOS

- 5.5
- 7

Plateau « Visualisation 3D »

- Pourquoi ?
 - S'immerger dans la scène d'une visualisation physique
- Quoi ?
 - 1 station dans la salle de formation : q4000 + moniteur 24p
 - 1 station au M7-1H07 : k4000 + moniteur 27p
 - 4 paires de lunettes 3D
- Comment ?
 - Demander les lunettes (contre une caution)
 - Accès direct obligatoire
 - Applications validées : glxgears, PyMol, VMD, Paraview



Plateau Technique COMOD

Compute On My Own Device

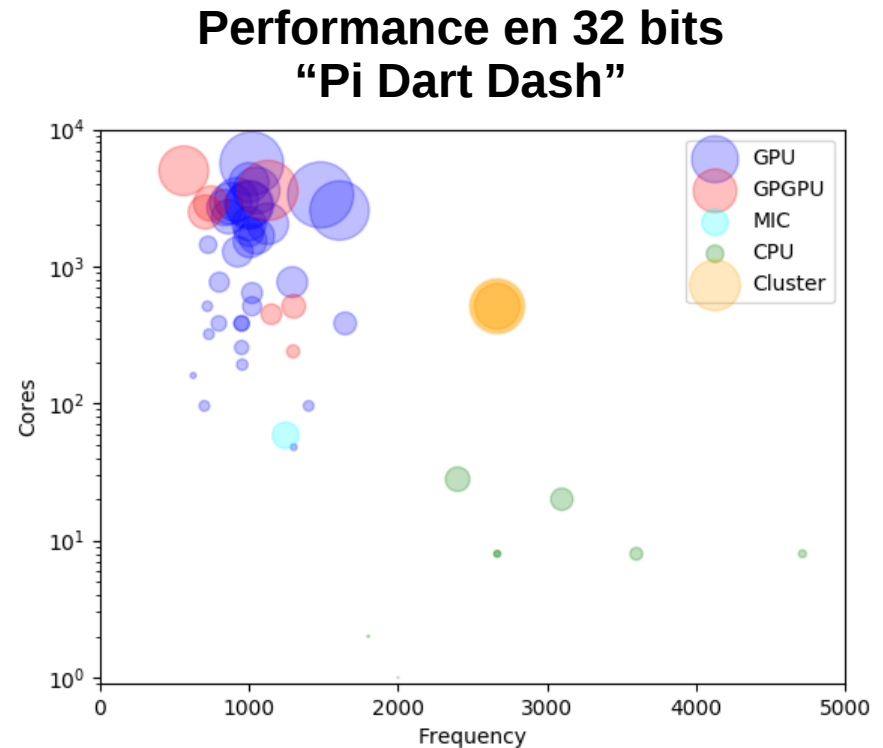
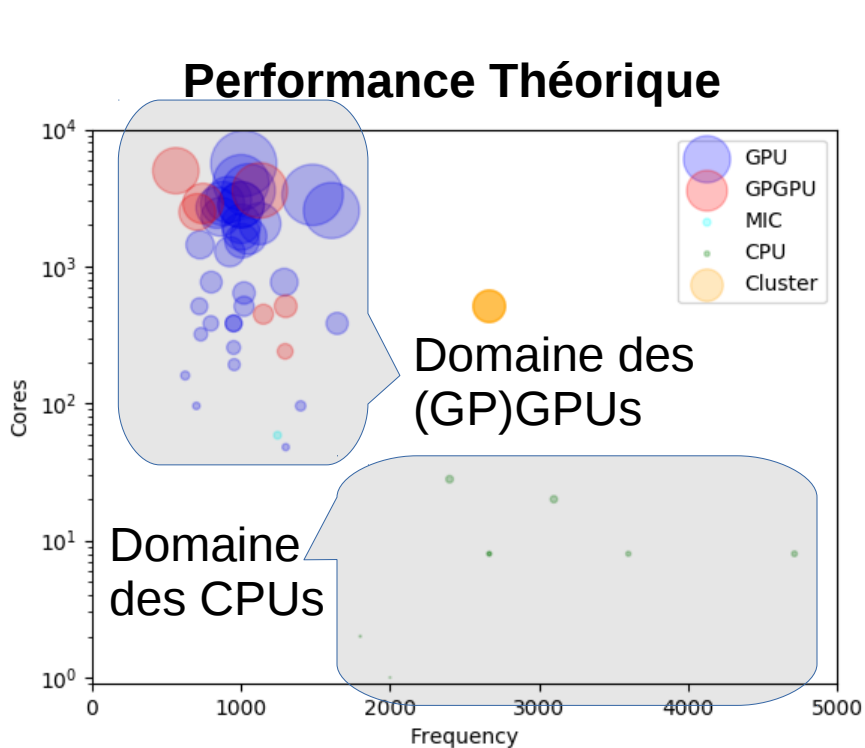
- Vous connaissez le BYOD : Bring Your Own Device
 - Travailler avec son équipement personnel
- COMOD se propose :
 - Disposer en quelques secondes d'un environnement fonctionnel
 - D'exploiter sa machine pour son travail dans des tâches de HPC
 - De se déployer sur une machine complète ou virtuelle (VirtualBox)
- COMOD s'appuie :
 - Sur l'approche SIDUS Single Instance Distributing Universal System
 - L'infrastructure de stockage du Centre Blaise Pascal
 - L'authentification de l'école : le même identifiant, mot de passe

Des « paillasses numériques » permanentes ou éphémères !

- Ecole des Houches « computational physics » : 6 éditions 2011-2016
 - Machine virtuelle « standalone » complète
 - Machine PXE pour SIDUS avec tout l'environnement
- Humanités Numériques :
 - 20 machines dont 10 actives pour les Humanités Numériques
- Géographie :
 - Postes de visualisation & traitement graphique
- Biologie :
 - Portail Galaxy (avec exploitation de cluster)
 - Postes de traitement & visualisation graphiques pour MorphoGraphX
 - Serveur pour étude (et traitements) Repeat* sous GlusterFS, TMPFS & BRD

La performance en informatique

Question de battements, de cœurs ?

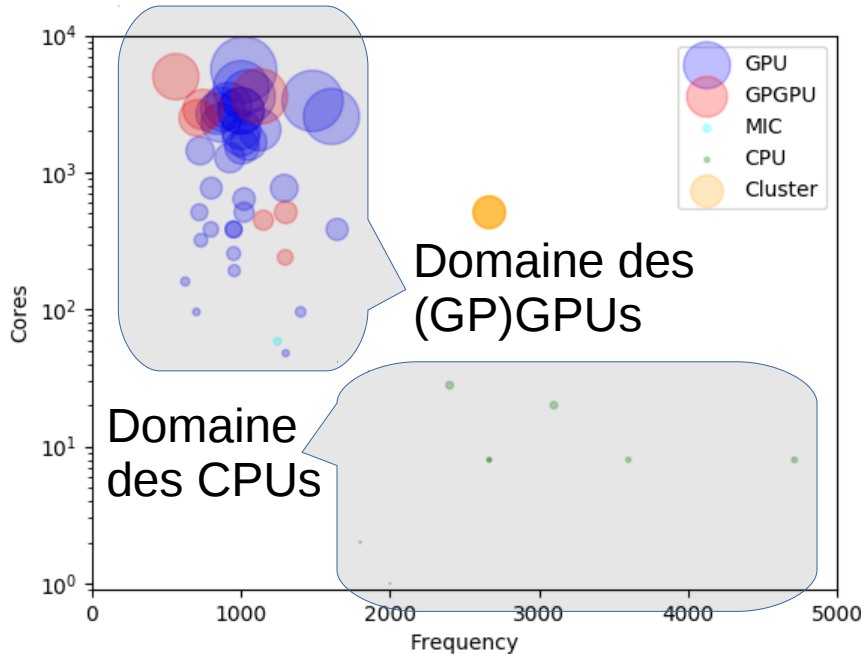


- Sur un GPU, cohérence entre performances théorique & pratiques
- Sur un CPU, performance relative meilleure

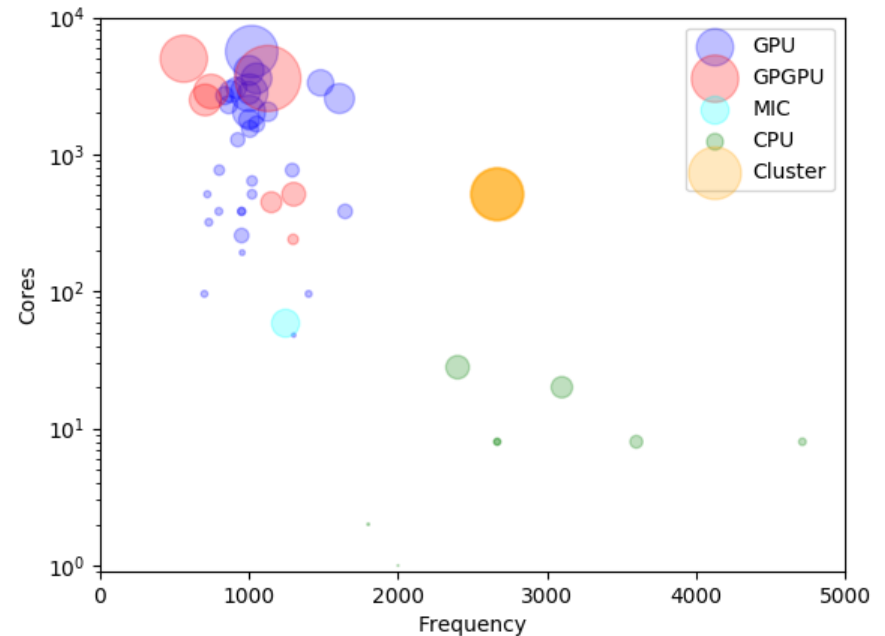
La performance en informatique

Question de battement, de cœurs, et de bits !

Performance Théorique



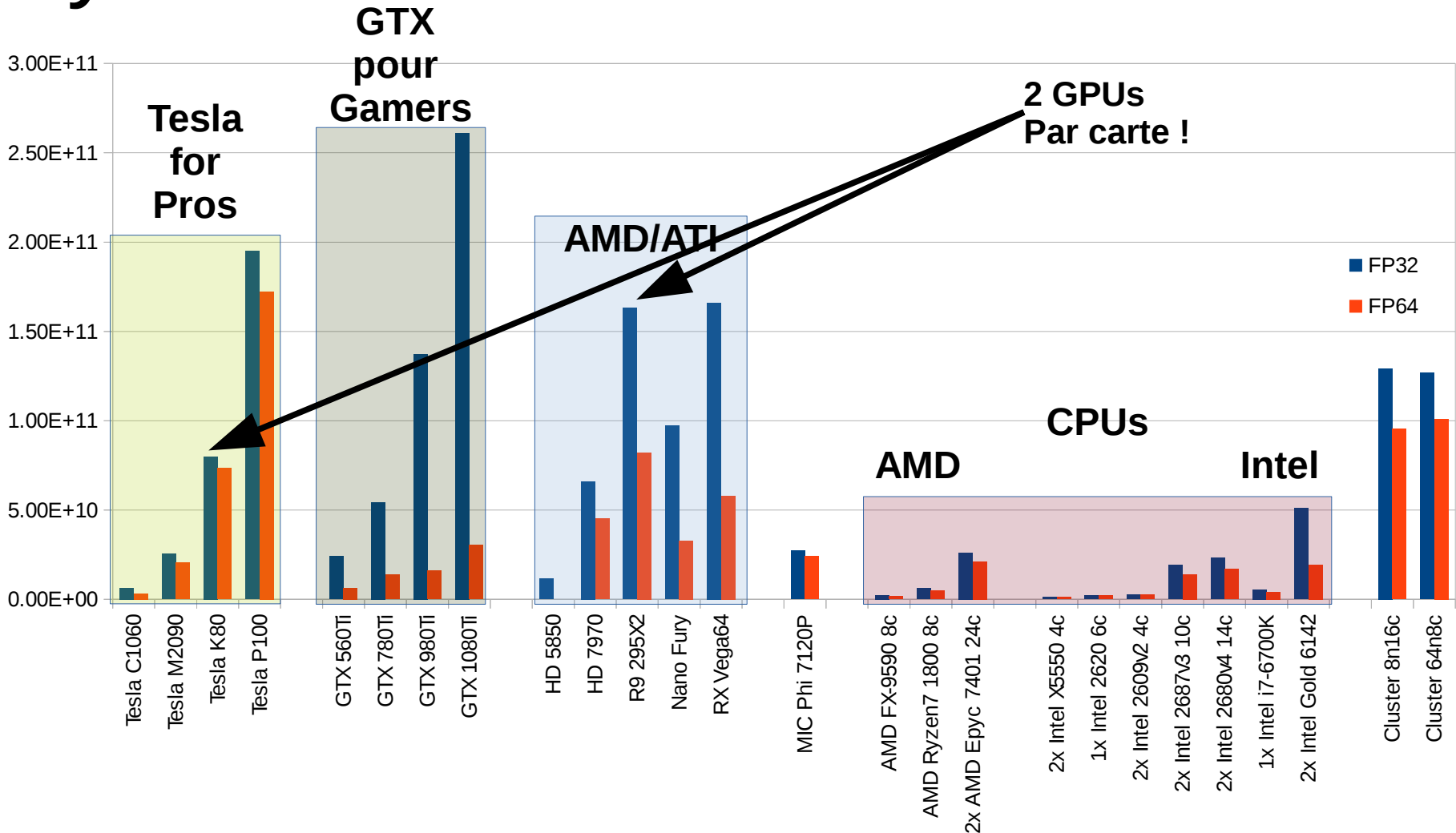
Performance en 64 bits
"Pi Dart Dash"



- Sur un GPU, baisse très sensible des performances pour les GPU
- Sur un CPU, performance relative encore meilleure

Le match Pi Monte Carlo

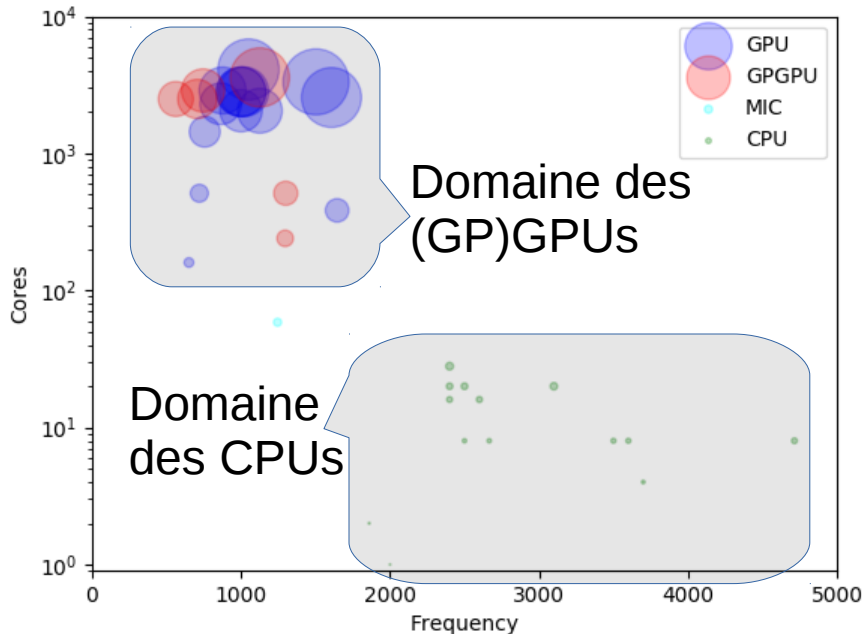
Python vs C & CPU vs GPU vs Phi



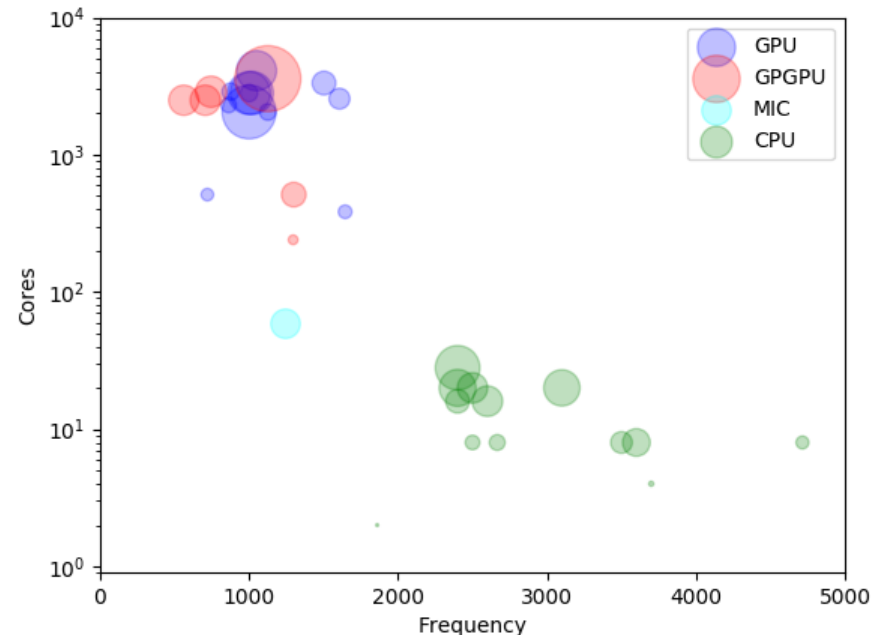
La performance en informatique

Pour un code plus physique...

Performance Théorique



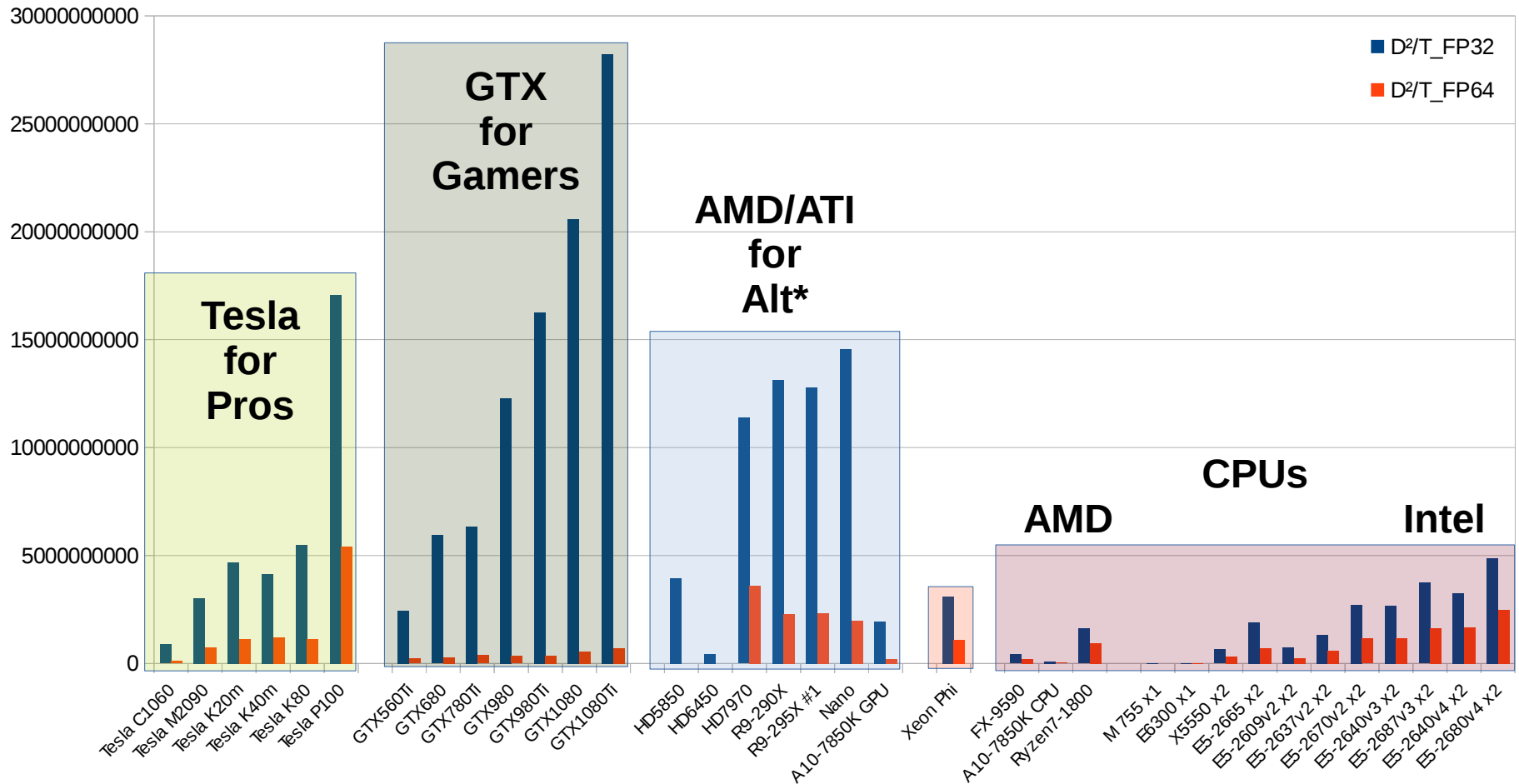
Performance en 64 bits Code N-corps



- Sur un GPGPU, performance stable
- Sur un GPU, baisse drastique de la performance (division par 20)
- Sur un CPU, performance relative meilleure

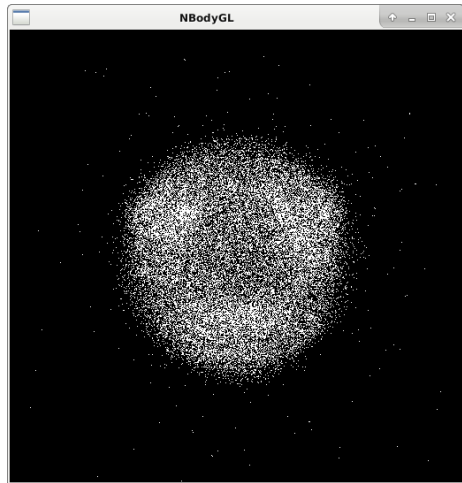
Modèle N-corps « naïf »

Une comparaison classique...



Et ça ressemble à quoi ?

Nbody.py



```
numa@vivobook: ~/bench4gpu/NBody
File Edit View Search Terminal Help
Duration stats on device 0 with 315 iterations :
  Mean: 0.06300504850962806
  Median: 0.06310510635375977
  Stddev: 0.00039396098184439474
  Min: 0.06204390525817871
  Max: 0.06384396553039551

  Variability: 0.006242933489976169

FPS stats on device 0 with 315 iterations :
  Mean: 15.66318745542066
  Median: 15.66318745542066
  Stddev: 0.09968568026798906
  Min: 15.66318745542066
  Max: 16.117618577340902

Squertz in log10 & complete stats on device 0 with 315 iterations :
  Mean: 10.231541574426187 17042824601.727137
  Median: 10.230835366910904 17015133735.465563
  Stddev: 8.029532646814362 107036684.15763138
  Min: 10.225780015472724 16818219468.037298
  Max: 10.238200743919402 17306161169.770306

numa@vivobook: ~/bench4gpu/NBody$
```

Les statistiques

```
numa@vivobook: ~/bench4gpu/NBody
File Edit View Search Terminal Help
Interaction type : Force
Counter Artevasion type : None
{'CPU/GPU selected: ', 'GeForce MX150'}
{'Platform selected: ', 'NVIDIA CUDA'}
All particles superimposed.
All particles distributed
Center Of Mass estimated: (-0.12767714, -0.016637933, -0.034345742)
All particles stressed
Energy estimated: Viriel=-1.0 Potential=-7115343.0 Kinetic=3557671.0

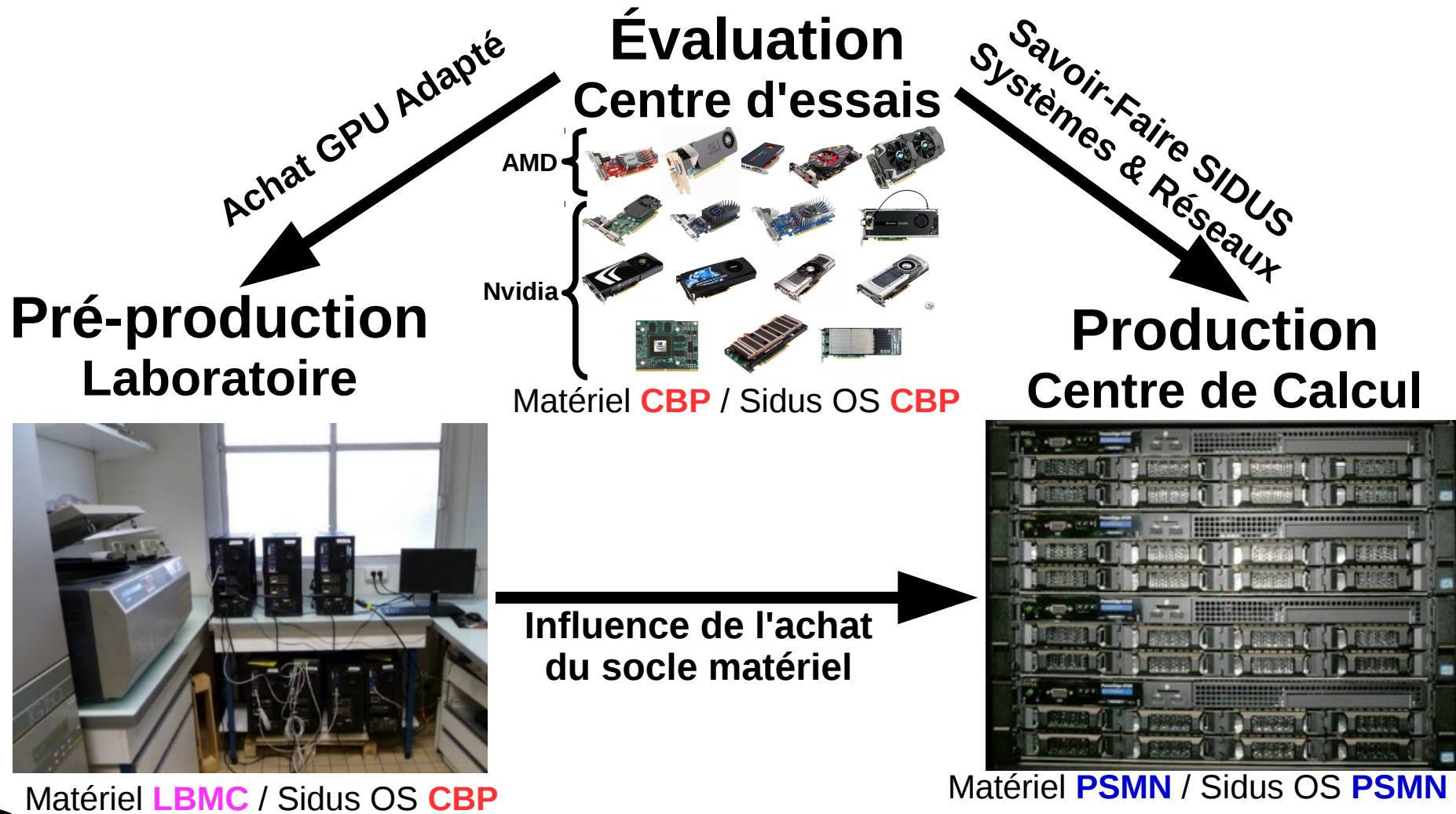
Tiny documentation:
<Left|Right> Rotate around X axis
<Up|Down> Rotate around Y axis
<Z|Z> Rotate around Z axis
<+>|<-> Unzoom/Zoom
<S> Toggle to display Positions or Velocities
<Esc> Quit

Starting!
.....
.....
.....
```

L'exécution...

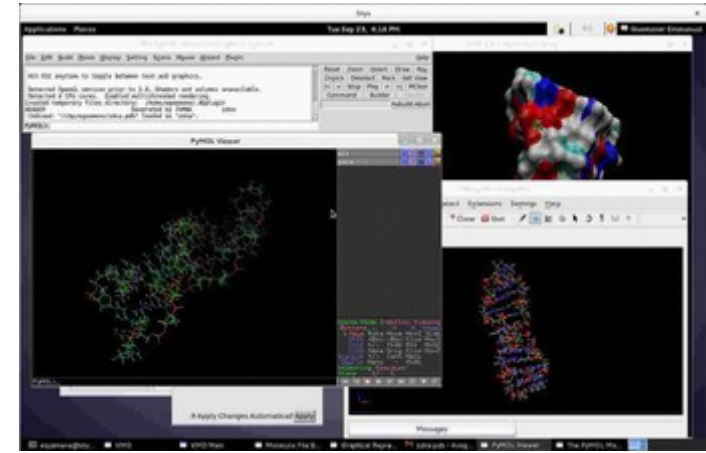
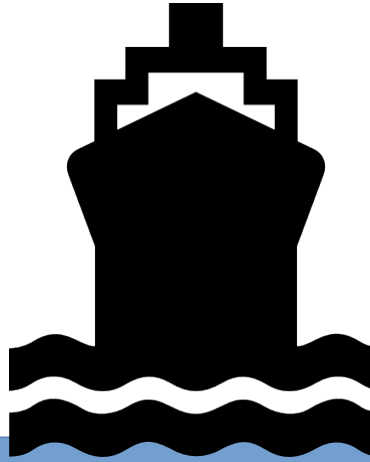
- Volontairement sommaire
- Euler implicite
- 32768 particules
 - Combien de distances à chaque pas ?

Et ça sert ? Un exemple d'interaction Entre CBP, laboratoire, Centre de Calcul



Les ressources du CBP

Ce que l'on voit & ne voit pas...



- 50 serveurs de machines virtuelles & stockage
- 116 nœuds de calcul pour 736 cœurs de calcul
- 27 commutateurs Ethernet ou Infiniband
- Une authentification DSI
- Un seul **BOFH** (+ 1/4) pour s'en occuper !



Sur les Machines du CBP : SIDUS

Je n'installe pas, je démarre !

- Quoi ?
 - Déployer un système simplement sur un parc de machines
- Pourquoi ?
 - Assurer l'unicité des configurations
 - Limiter l'empreinte du système sur les disques
- Pour qui ?
 - Étudiants (vous quoi!), enseignants, chercheurs, ingénieurs, ...
- Quand & Où ?
 - Centre Blaise Pascal : depuis 2010, plus de 100 machines
 - PSMN : depuis 2011, plus de ~500 nœuds (sa propre instance)
 - Laboratoires : UMPA, LBMC, IGFL
- Comment ?
 - Utiliser un partage en réseau d'une arborescence
 - Détourner une ruse de LiveCD



« Deux machines ayant démarré SIDUS ne peuvent pas ne pas avoir le même système ! »

Cette salle de formation est spéciale !

Les machines sont identiques ?

- Non ! Et pas seulement que l'étiquette !
 - **Precision 5600** : côté couloir & cloison, 12 machines avec 1 socket et 6 cœurs
 - **Precision 5610** : côté fenêtre, 4 machines avec 2 sockets avec 4 cœurs
 - **Precision 7810** : côté fenêtre, 4 machines avec 2 sockets et 8 cœurs
 - **Bancs « ouverts »** : salle 3IP, 4 machines avec chacune 1 socket & de 4 ou 8 cœurs
- Et alors là, à l'intérieur...
 - 34 GPU dont 25 cartes différentes de la NVS310 à la GTX 1080.
- Mais à quoi ça sert ? Petit exemple, le banc...
 - Un calcul très simple, Pi Monte Carlo, $1e12$ itérations
 - CPU 8@4715MHz : 440 s, GPU 4096@1000MHz : 12 s soit **36x** plus rapide

Les machines, leurs noms... Et leurs équipements.

- 2 claviers : un `azerty` et un `qwerty`
 - À la bannière de login, c'est l'azerty qui est configuré !
- Leurs noms, c'est une de leur carte graphique !
 - Si c'est la seule : le nom de la carte comme la Nvidia `gt730`
 - `gt730`
 - Si elles sont plusieurs à avoir une carte comme Nvidia GTX980 Ti :
 - `gtx980tialpha`, `gtx980tibeta`, `gtx980tigamma`, `gtx980tidelta`
- Toujours suffixer le nom par **`cbp.ens-lyon.fr`** !

Votre stockage :

4 espaces pour 4 usages !

- Votre compte utilisateur (\$HOME ou **/home/<login>**)
 - C'est votre « casier », commun à toutes les machines
- Espace local : sur les stations **/local**
 - C'est une « paillasse » d'expérimentation, propre à chaque machine
- Espace « haute performance » : **/scratch**
 - C'est une « paillasse », mais commune et archivée/sauvegardée
 - Sur le cluster, l'accès est très rapide
- Espace collaboratif : **/projects**
 - C'est une « servante », commune et archivée/sauvegardée

Votre stockage... En images...



Les quatre stockages...

Et ses règles d'usage !

- Le compte utilisateur : une utilisation « raisonnable »
 - On ne « travaille » pas dans son casier ou dans son sac à dos !
- L'espace local : espace rapide & dédié à ~150MB/s
 - On nettoie après usage !
- L'espace collaboratif : bande passante partagée à ~100MB/s
 - On travaille de manière coordonnée !
- L'espace « haute performance » : de 100 à 600 MB/s !
 - On accepte les risques de son usage !

Accès aux ressources du CBP du physique au distant

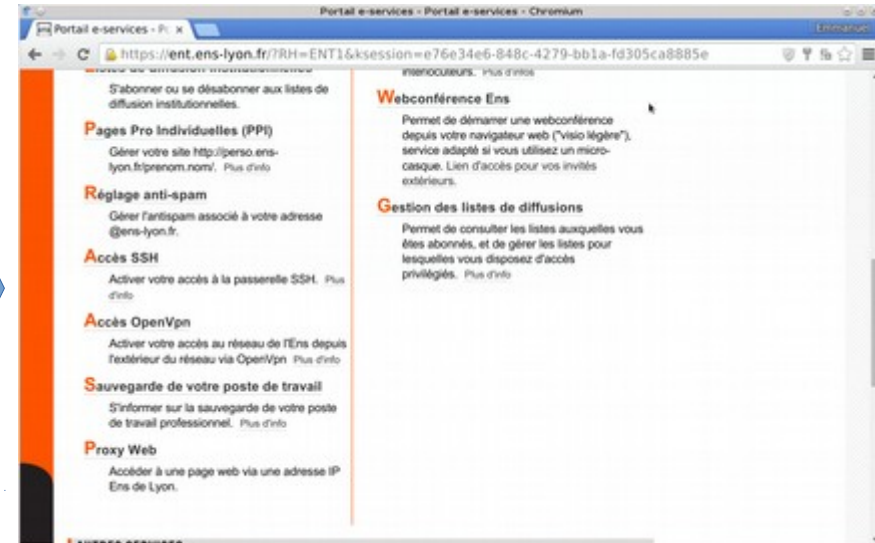
- Prérequis :
 - Identifiant & mot de passe ENS
 - Addition à la liste des utilisateurs : donné par les enseignants au BOFH
- Accès physique :
 - Nouvelle salle M7-1H04
- Accès distant (de l'intérieur de l'école)
 - Par la commande « Secure Shell » SSH
 - Par l'interface x2go en installant le client : GNU/Linux, MacOSX, Windows

Utiliser les services

- Dans la salle de formation M7-1H07 :
 - Se renseigner sur l'accessibilité de la salle :
 - <https://www.cbp.ens-lyon.fr/doku.php?id=contact:calendrier>
 - Se déplacer au M7-1H07
 - Si le badge ne permet pas l'ouverture :
 - Récurrence de l'utilisation : un accès peut être donné
 - Demander l'ouverture aux bureaux M7-1H07 ou M7-1H ??
- De manière distante :
 - À l'ENS, connexion directe par SSH ou x2go
 - Hors de l'ENS, connexion par la passerelle SSH de l'école

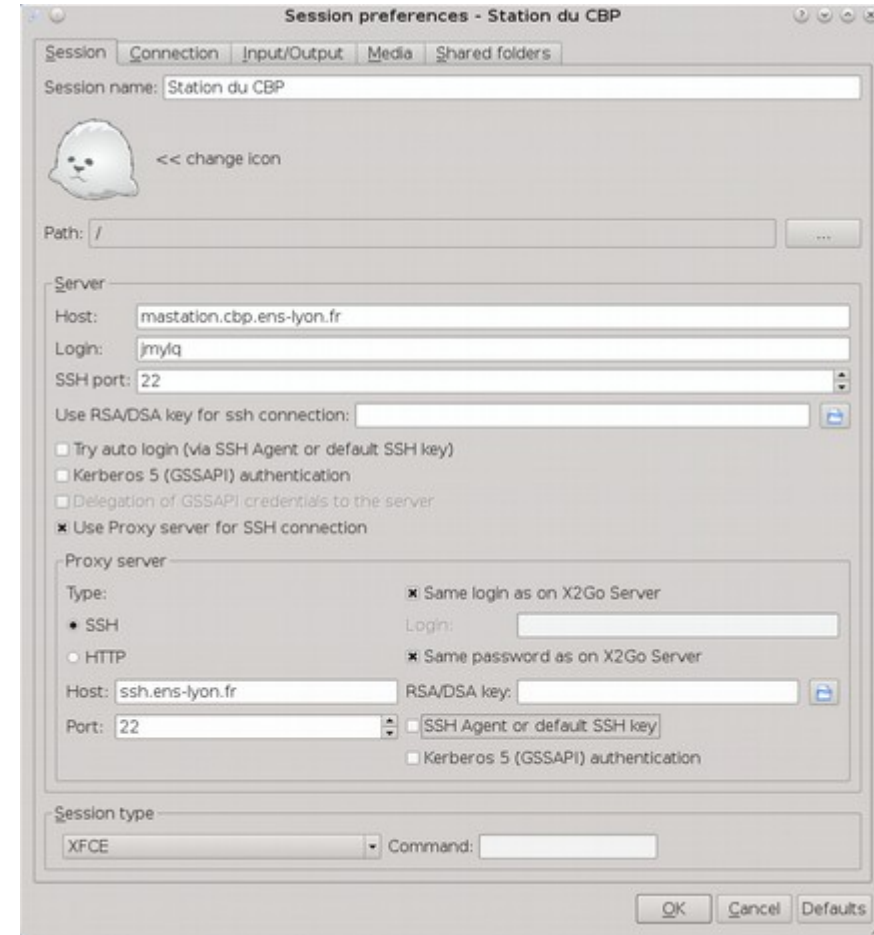
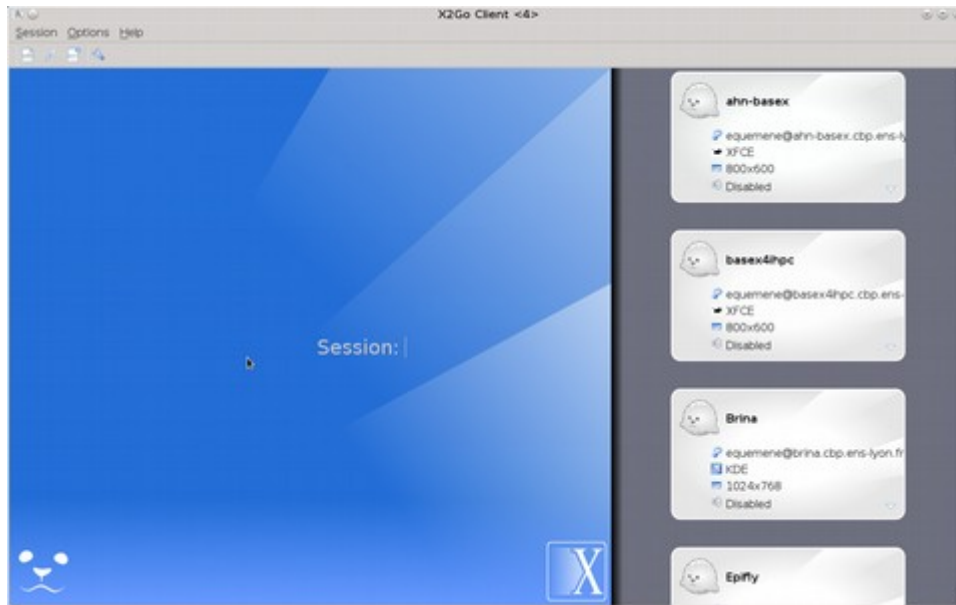
Connexion distante avec x2go

Un prérequis, activer votre « accès SSH »



Connexion par x2go

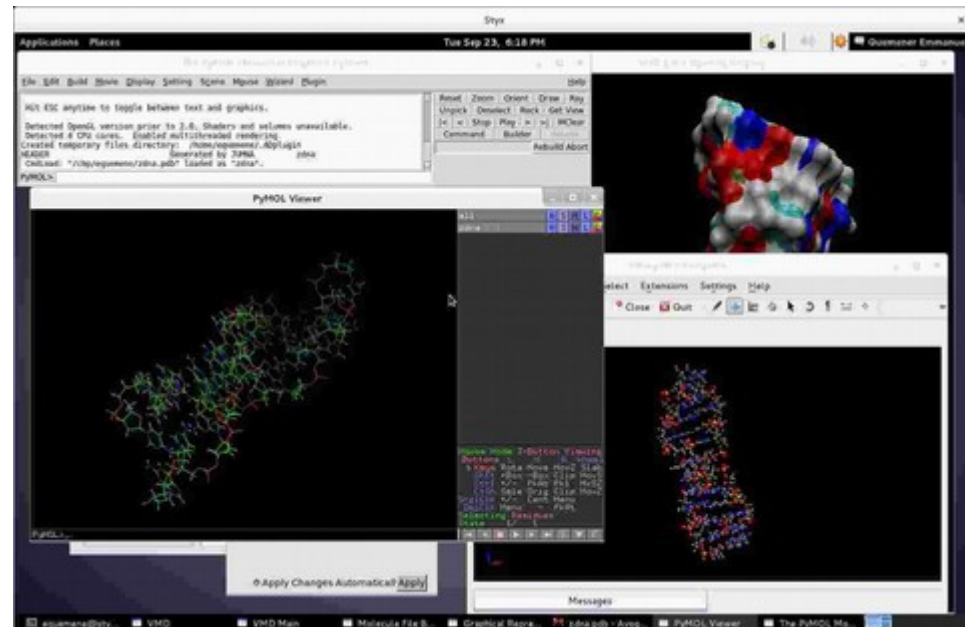
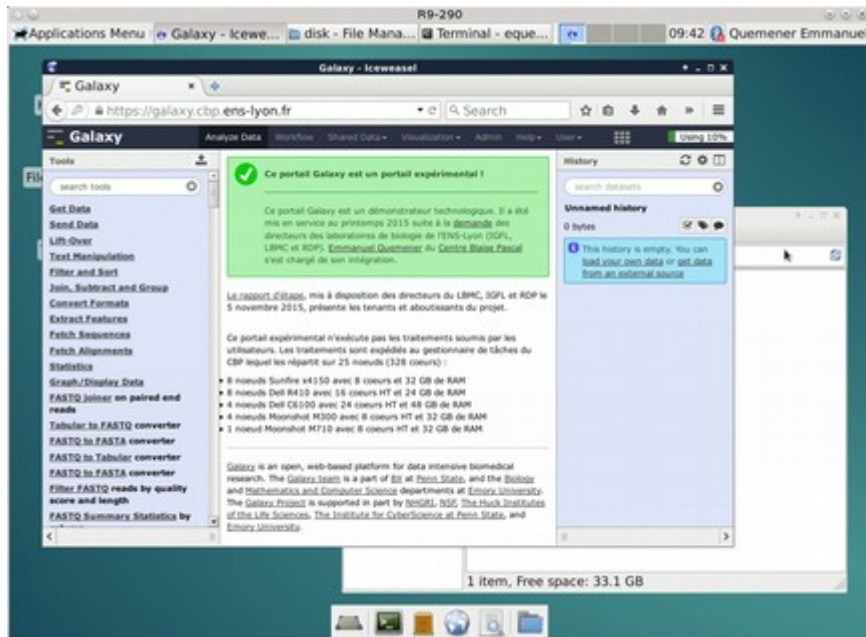
Une configuration aisée...



Doc en ligne : <http://www.cbp.ens-lyon.fr/doku.php?id=ressources:x2go4cbp>

Connexion avec x2go

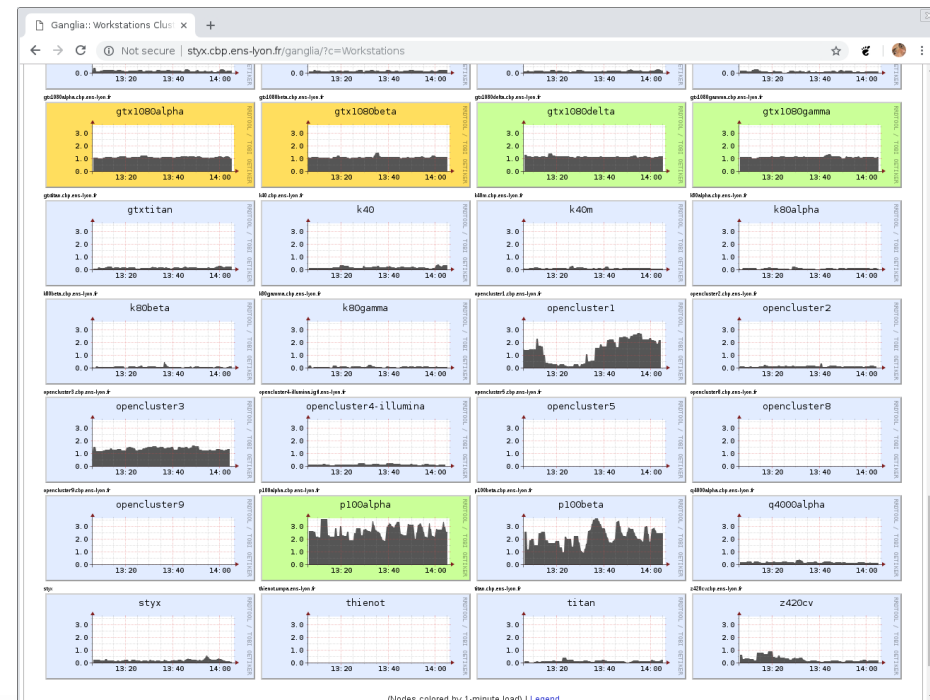
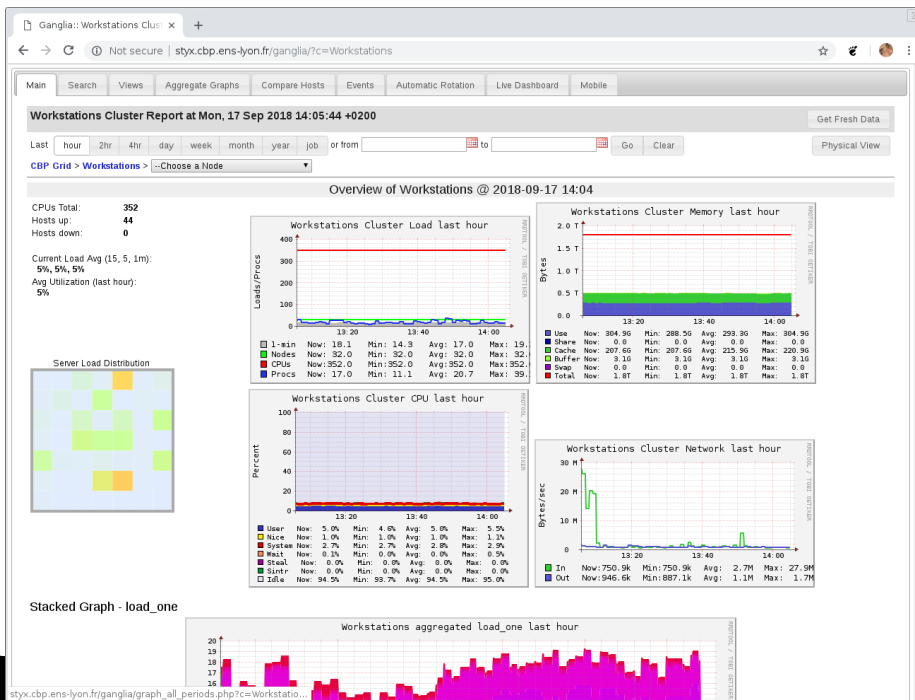
Le bureau ultime à distance ?



Etat des ressources disponibles

Comment les connaître ?

- RTFM : <https://www.cbp.ens-lyon.fr/doku.php?id=ressources:ressources>
- Stations de travail : <http://styx.cbp.ens-lyon.fr/ganglia/?c=Workstations>
- Nœuds de cluster : <http://styx.cbp.ens-lyon.fr/ganglia/?c=Nodes>



Etat des ressources disponibles

Comment les connaître ?

- Une fois connecté sur la station :

- Occupation processeur : 

```
root@p100alpha:~# w
14:12:39 up 4 days, 15:07,  6 users,  load average: 2.62, 2.18, 2.35
USER      TTY      FROM          LOGIN@   IDLE   JCPU   PCPU WHAT
pts/0     pts/0    140.77.78.236 14:12    1.00s  0.03s  0.00s w
pts/1     pts/1    tmux(4598).%14 Fri09    2days 0.18s  0.18s -bash
pts/2     pts/2    tmux(4598).%5  Thu20    2days 0.98s  0.98s -bash
pts/3     pts/3    tmux(4598).%11 Thu21    3days 58:38  58:38 htop
pts/4     pts/4    tmux(4598).%12 Thu21    2days 1:24m  1:24m nvidia-smi -l 1
pts/5     pts/5    tmux(4598).%13 Thu21    3days 7days 0.09s  /scratch/cayola
```

- Occupation personne :  (oui, aussi...)

```
root@p100alpha:~# 
14:12:39 up 4 days, 15:07,  6 users,  load average: 
```

- Occupation GPU : 

```
root@p100alpha:~# nvidia-smi
Mon Sep 17 14:14:40 2018
```

NVIDIA-SMI 384.130 Driver Version: 384.130									
GPU				Name		Persistence-M		Bus-Id	
Fan	Temp	Perf	Pwr:Usage/Cap	Disp.A	Memory-Usage	Volatile	Uncorr.	ECC	
						GPU-Util	Compute	M.	
0	Tesla	P100-PCIE...	Off	00000000:00:07:0	Off			0	
N/A	49C	P0	39W / 250W			69%	Default		

Processes:					GPU Memory	
GPU	PID	Type	Process name	Usage		
0	2138	G	/usr/lib/xorg/Xorg		66MiB	
0	18546	C	python		15443MiB	

Dans ce cas précis, autant aller sur une autre machine...

Et le cluster avec 116 nœuds ?

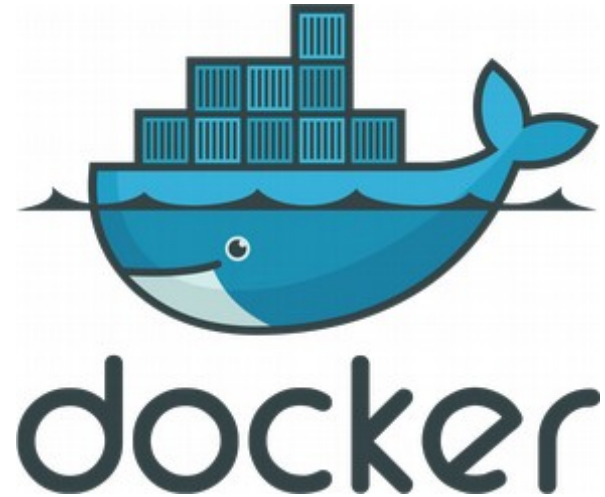
Comment l'utiliser ?

- Passer par la frontale : **lethe.cbp.ens-lyon.fr**
- Utiliser le gestionnaire de tâches (*batches*).
- La doc : sur le site du CBP : `www.cbp.ens-lyon.fr`
 - <https://www.cbp.ens-lyon.fr/doku.php?id=ressources:gridengine4cbp>
- Quelques exemples & commandes en ligne :
 - Connaître l'état des queues
 - Lancer des jobs
 - Voir leur état d'exécution
 - ...

Utiliser SIDUS dans les labos COMOD et al.

- Sur un poste reconnu par vos informaticiens de labo
 - Démarrage par CDROM, graver un CDROM avec :
 - Machine générique : <http://www.cbp.ens-lyon.fr/comod/Comod.iso>
 - Machine avec GPU Nvidia : <http://www.cbp.ens-lyon.fr/comod/ComodNvidia.iso>
 - Démarrage par clé USB, copier l'image par dd :
 - Machine générique : <http://www.cbp.ens-lyon.fr/comod/Comod.usb>
 - Machine avec GPU Nvidia : <http://www.cbp.ens-lyon.fr/comod/ComodNvidia.usb>
- Dans un poste reconnu, dans une VirtualBox :
 - Import de l'image <http://www.cbp.ens-lyon.fr/comod/ComodCBP.ova>
 - Lancement de la machine virtuelle

La virtualisation : les solutions VirtualBox & Docker



- Précautions :

- PAS dans son \$HOME
- Réservations de ressources
- Partages de dossiers

- Précautions :

- d'ABORD connaître GNU/Linux
- Pas de persistance implicite
- Partages de volumes

Les 10 commandements de l'usage des ressources du CBP

1. Le règlement informatique de l'ENS-Lyon, tu appliques !
2. Jamais sur le poste de travail, tu ne t'abreuves ni ne manges !
3. Jamais le poste de travail, après son exploitation, tu n'éteins !
4. La session, une seule tu ouvres et après utilisation, tu clôtures !
5. L'usage de l'espace local, sur les gros volumes, tu préfères !
6. Jamais sur la frontale, tu ne calcules !
7. Les données temporaires, régulièrement, tu nettoies !
8. De manière raisonnée l'espace utilisateurs, tu exploites !
9. Le gestionnaire de tâches sur les grappes, tu sollicites !
10. Les dysfonctionnements, au BOFH*, tu remontes !

Poursuite de 2018-2019 :

Ateliers 3IP : prononcer « Trip »

- Introduction Inductive à l'Informatique et au Parallélisme
 - « *Back to the Basics !* »
 - Exploration de l'architecture interne
 - Démontage d'une machine, de ses composants
 - Montage de composants en une machine fonctionnelle
 - Analyse des composants internes
 - Métrologie



Ateliers 3IP : une salle dédiée



Ateliers 3IP :

Les thématiques de 2017-2018

- Evolution des cartes mères
- Tour d'horizon des périphériques
- A la découverte des réseaux
- Les processeurs : de 9000 à 7 milliards de transistors
- Les multicœurs : le parallélisme dans le CPU
- Les GPU : une puissance brute à appréhender

En 2018-2019, d'autres thématiques à discrétion...

Donner vos vieilles machines !

En fait, ce qui serait intéressant, c'est qu'un de vous passe de ça à ça

