75ème anniversaire de l'appel du 18 juin 1940

Efficacité énergétique dans les réseaux et centres de calcul haute performance

Olivier Glück
Laurent Lefèvre
et bien d'autres…
AVALON – Laboratoire LIP

A TOUS LES FRANÇAIS

La France a perdu une bâtaille!
Mais la France n'a pas perdu la guerre!

Journées scientifiques INRIA 2015 - Nancy

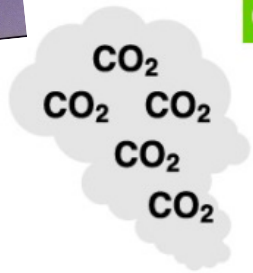
18 juin 2015

Dans ce datacenter, Google doit conserver la trace de milliards de pages web sur des millions de serveurs ! © Google

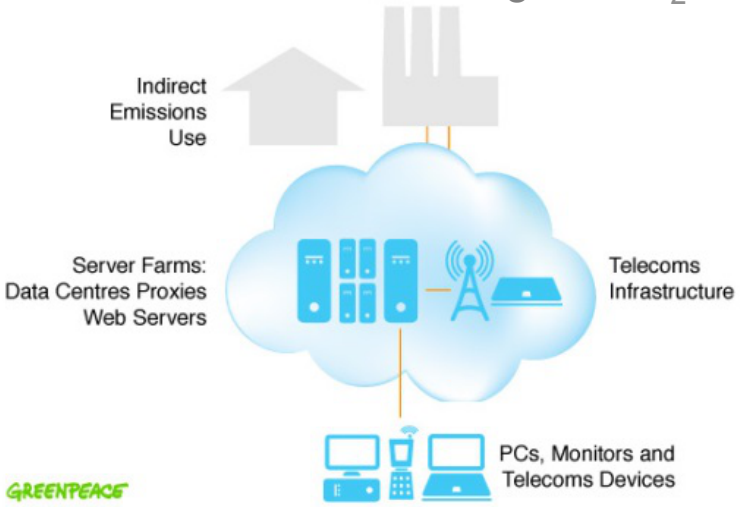
La consommation électrique des TIC

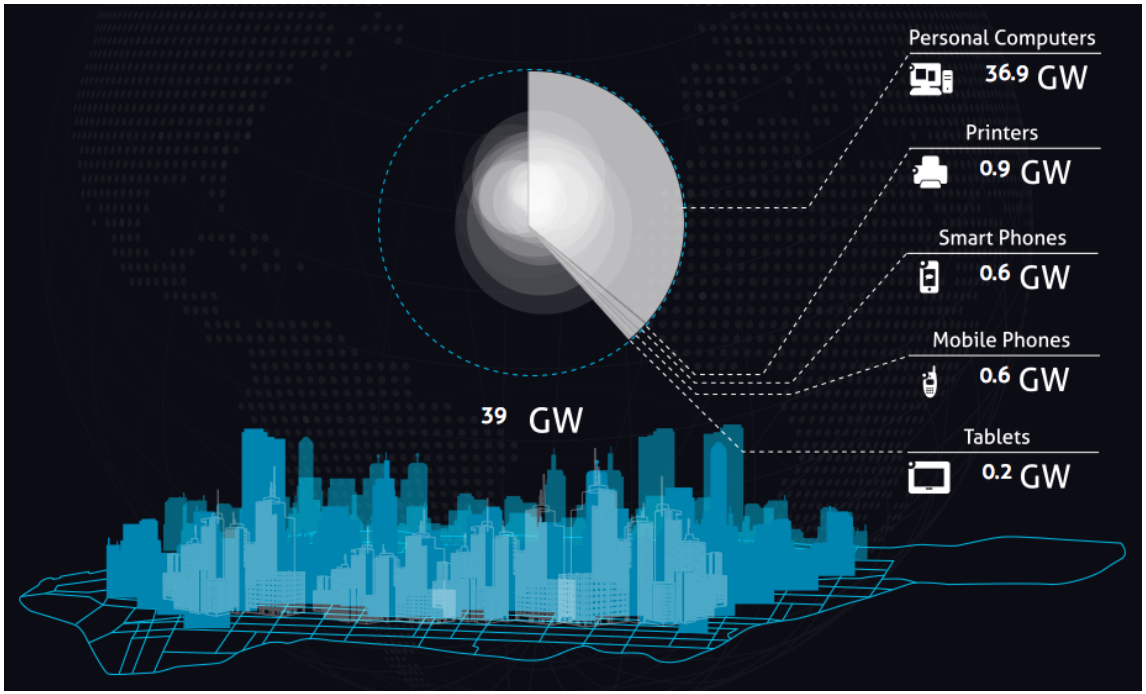
En 2013, gwatt.net

Cloud Computing



Impact carbone février France : 34g de CO_2/kwh





La consommation électrique des TIC

- Les équipements terminaux, les réseaux et les centres de données consomment chacun 40 Gwatts en 2013 (1Gwatt = 1 tranche de centrale nucléaire ; 5 Gwatts = NY city)
- Plusieurs prédictions alarmistes
  - « Les centres de données informatiques avalent des quantités croissantes d'énergie », journal le monde le 1er juillet 2013
  - « 25% de la consommation électrique future du Grand Paris sera imputable aux datacenters »
  - La fin d'Internet « dès 2023 » ? Andrew Ellis, Royal Society, le 12 mai dernier « Nous allons arriver à court d'énergie dans une quinzaine d'années. »

Utilisateurs d'Internet : 2 M en 2012, prévisions de 4 M en 2018
Trafic vidéo IP : 40% en 2012, 60% en 2016, prévisions de 80% en 2018
HPC vers l'exascale : l'énergie et la résilience les deux problèmes majeurs.
Ne pas dépasser 20MW pour 1 exascale. En 2014, 17MW pour 34pflops
soit 2 Gflops/W. En 2020, il faudrait 50 Gflops/W…

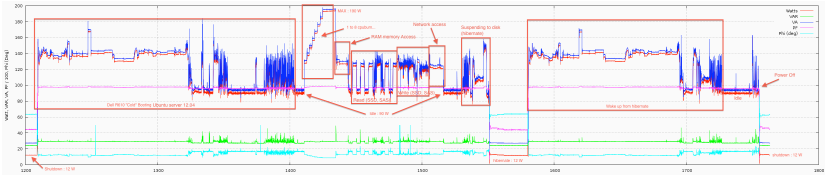
Des prédictions alarmistes mais des solutions existent !

- Cycle de vie complet des TICs : production, transport, **usage**, recyclage

- Proposer des solutions logicielles pour consommer **moins et mieux** pendant la phase d'usage
- Améliorer la consommation des équipements et les technologies de transmission
- Rapprocher les données des utilisateurs
- Améliorer la compression des données dans les réseaux
- Changer les usages (télévision, VoD, stockage photos, courrier électronique et pièces jointes, réseaux sociaux…) : nous avons un rôle de lanceurs d'alertes !

Des prédictions alarmistes mais des solutions existent ! EE@AVALON

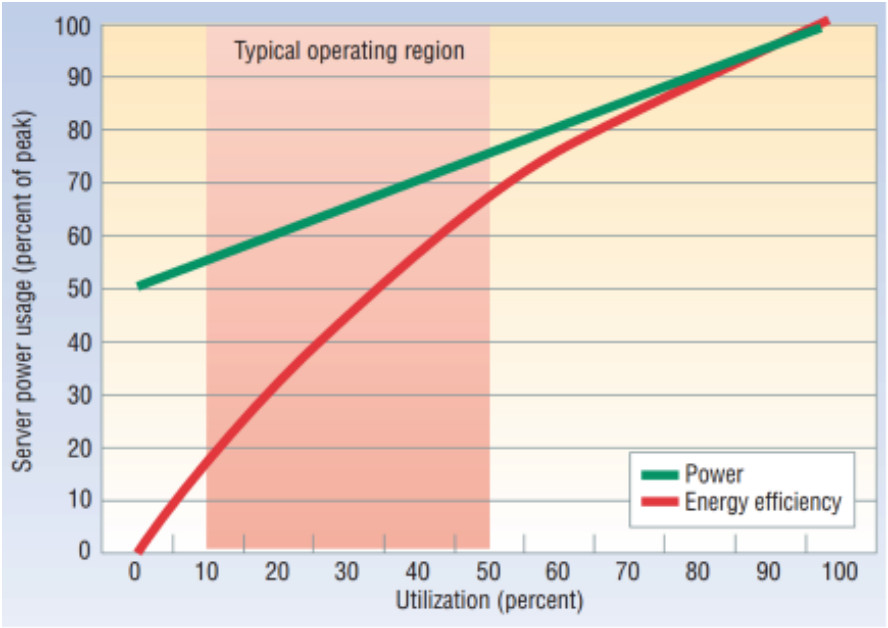
- Dans Avalon, on se focalise sur les aspects logiciels pendant la phase d'usage dans les grands systèmes distribués : HPC, Nuages et Réseaux
- Nécessite le monitoring et profilage énergétique des grands systèmes



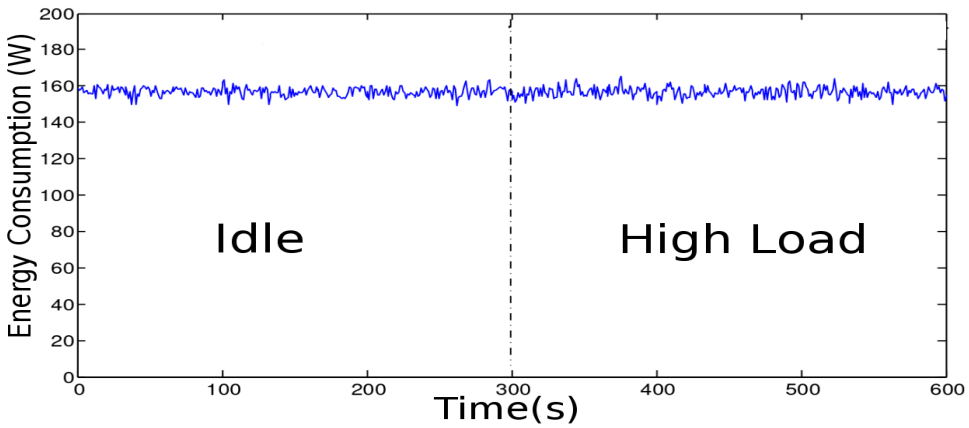
- Développer des codes verts en appliquant des leviers *slowdown*
- Limiter le gaspillage des ressources, par exemple extinction des liens/serveurs/composants inutilisés
- Tout en essayant de garantir la même QoS pour les utilisateurs

Atteindre une consommation énergétique proportionnelle

- Étude des datacentres de Google :
  - Les serveurs sont utilisés en moyenne entre 10 et 50% de leur capacité maximale
  - Leur consommation lorsqu'ils sont inactifs peut atteindre 50% de leur consommation maximale
- Applications irrégulières dans leur usage des ressources
- Nécessité d'adapter l'usage des ressources à la consommation des équipements pour économiser l'énergie

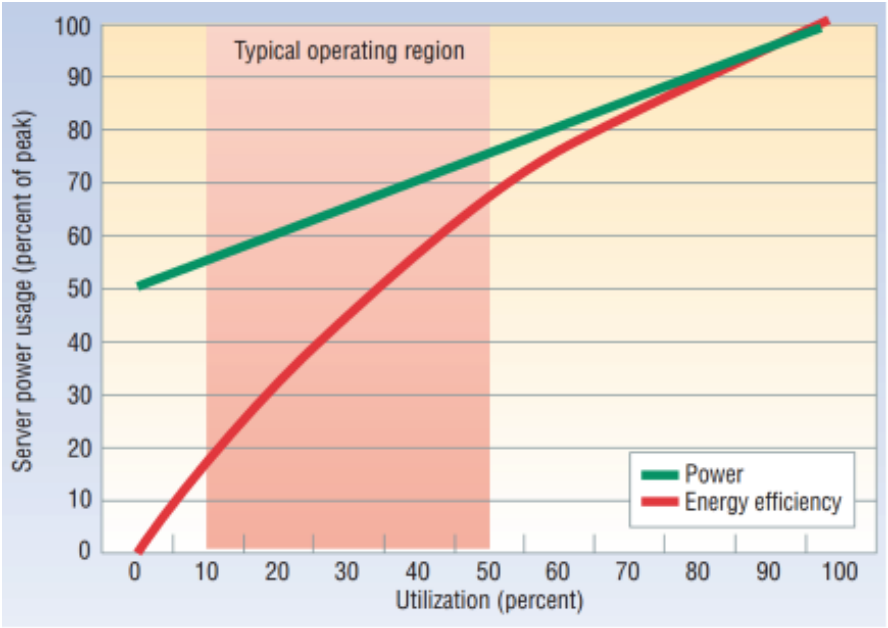


Luiz André Barroso and Urs Hölzle, « The case for Energy-Proportional Computing », IEEE Computer, 2007

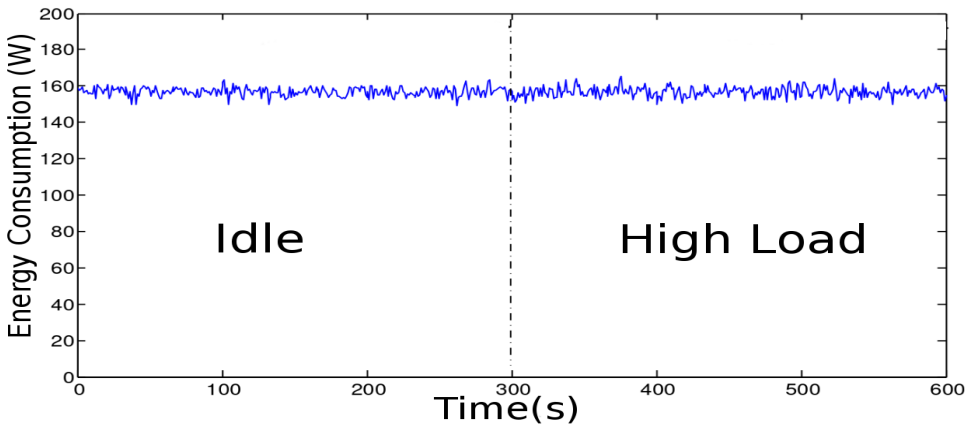


Atteindre une consommation énergétique proportionnelle

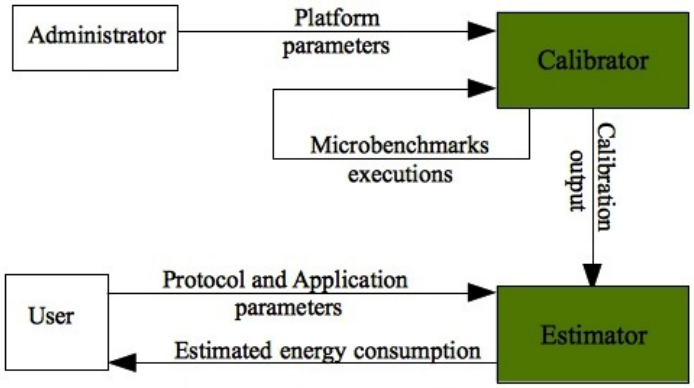
- Choisir le bon service HPC avec connaissance du service/appli
- Appliquer des leviers sans connaissance de l'application
- Placement vert de tâches dans les architectures hybrides
- Appliquer dynamiquement des leviers d'extinction dans les réseaux de coeur



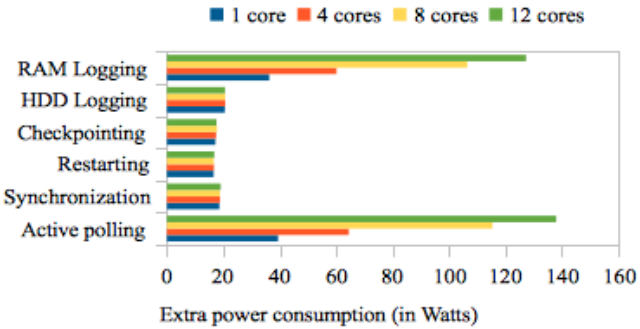
Luiz André Barroso and Urs Hölzle, « The case for Energy-Proportional Computing », IEEE Computer, 2007

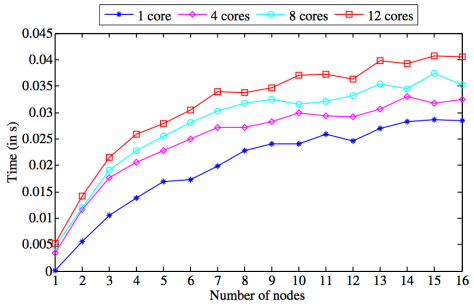


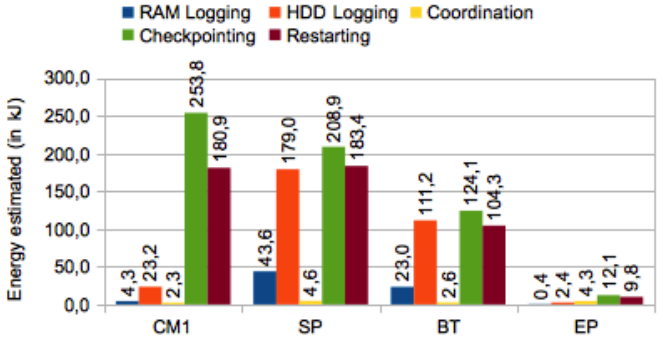
Choisir le bon service (HPC)

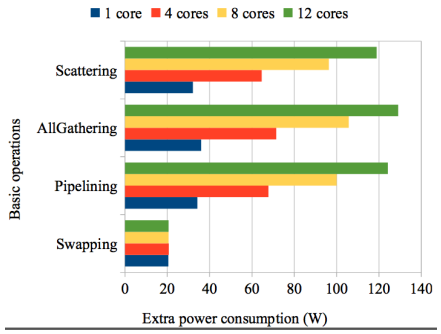


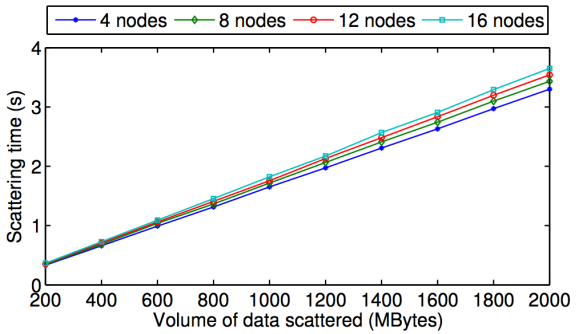
- Exemple services : résilience et diffusion
- 4 étapes : analyse du service, mesures, calibration et estimation
- But : aider l'utilisateur, avant exécution, à choisir la bonne version du service en fonction des contraintes des applications

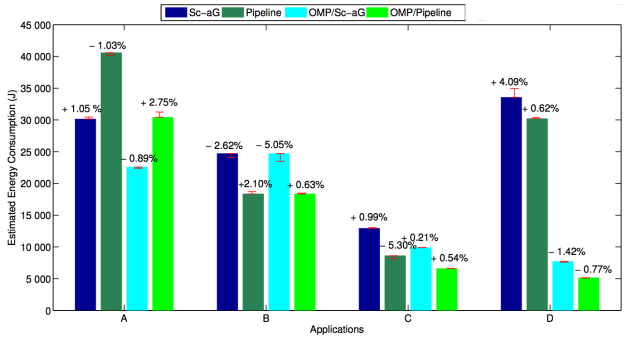






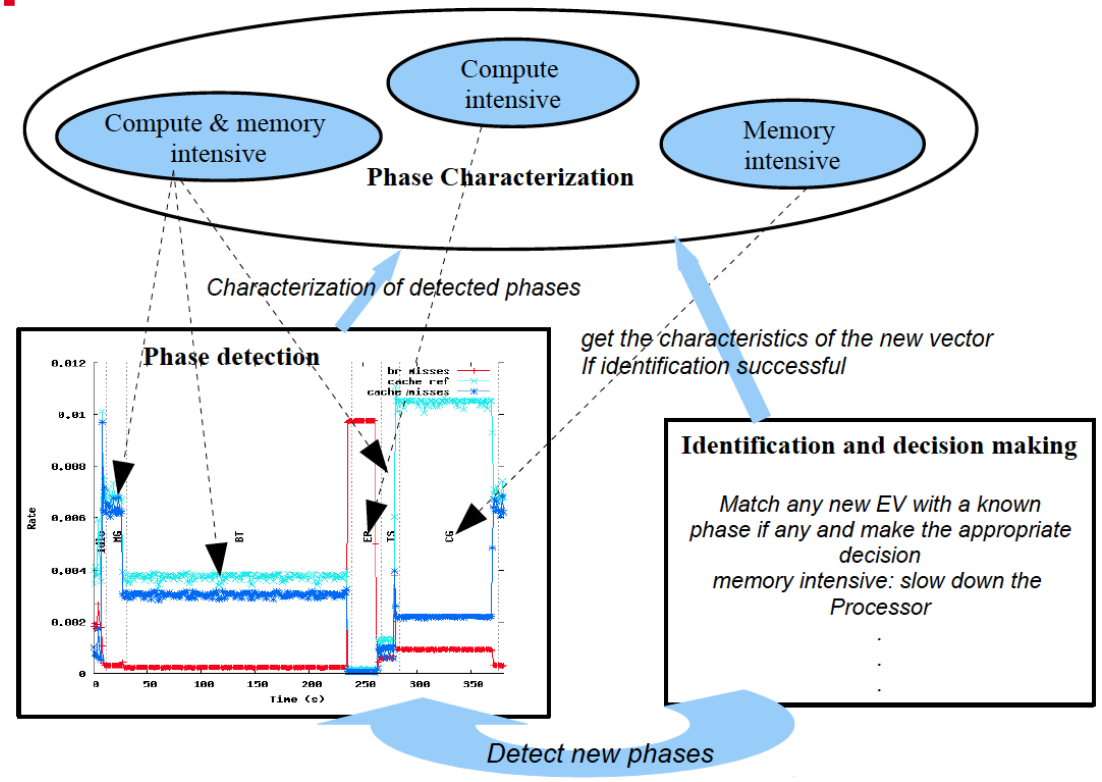




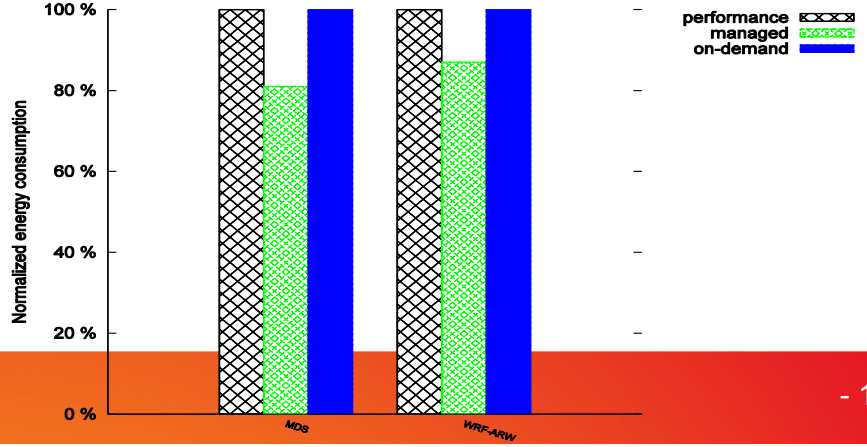


Appliquer des leviers verts sans connaissance de l'application

- Utilisation non régulière des ressources par les applications
- Mais applications trop complexes à comprendre
- Besoin de frameworks qui appliquent les bons (multi-)leviers aux bons moments : mieux que DVFS !
- Approche :
- Analyse ADN live de l'exécution des applications
- Détection des phases
- Caractérisation des applications
- Applications de leviers verts

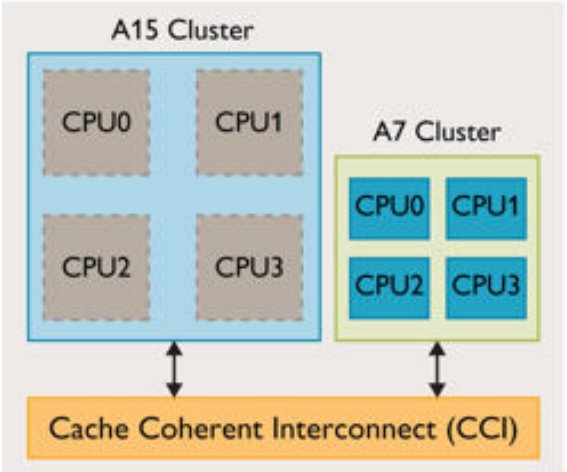


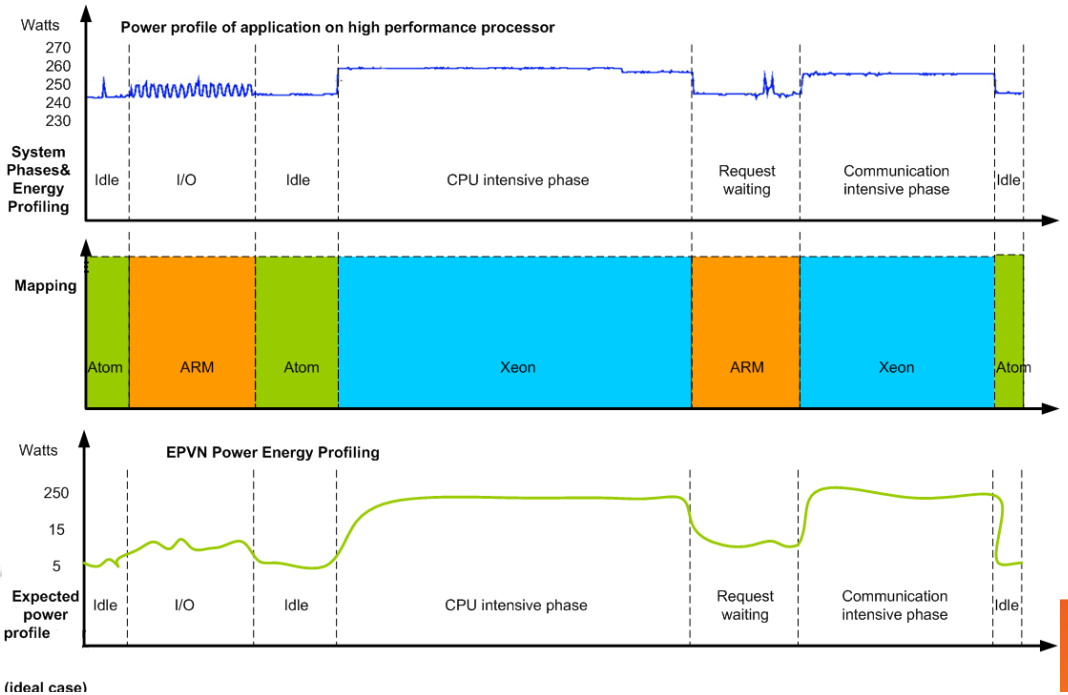
Phase label	Possible reconfiguration decisions
compute intensive	switch off memory banks; send disks to sleep; scale the processor up; put NICs into LPI mode
memory intensive	scale the processor down; decrease disks or send them to sleep; switch on memory banks
mixed	switch on memory banks; scale the processor up send disks to sleep; put NICs into LPI mode
communication intensive	switch off memory banks; scale the processor down switch on disks
I/O intensive	switch on memory banks; scale the processor down; increase disks, increase disks (if needed)

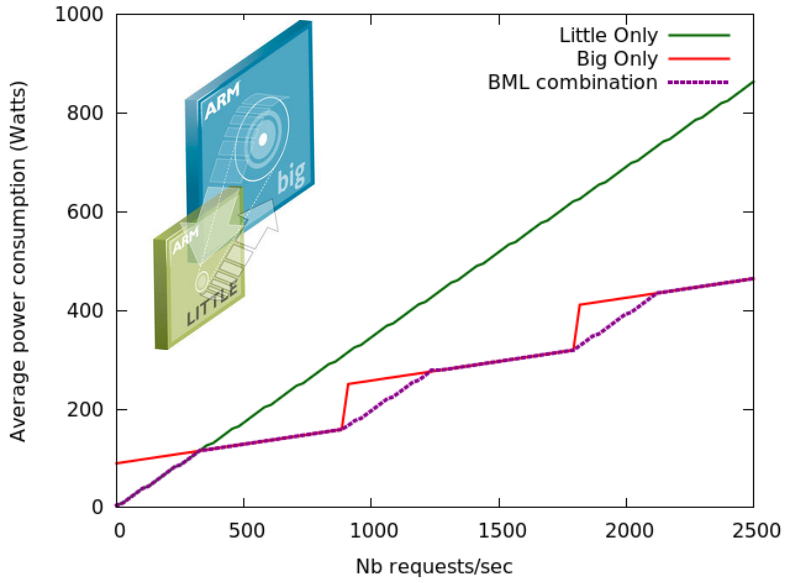


Retrouver de la proportionnalité énergétique dans les architectures hybrides

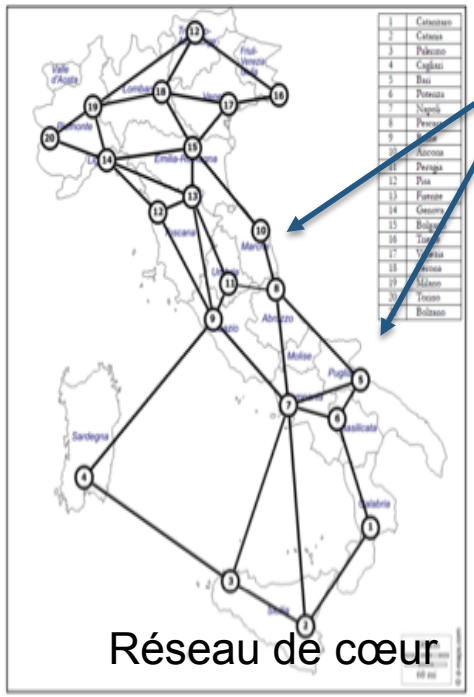
- Architectures hybrides : processeurs basse consommation, co-processeurs, GPUs...
- Proposition d'une architecture “Big, Medium, Little”
- Profilage des ressources et combinaison
- Décisions de placement : migrations dynamiques des applications sur les machines les plus appropriées
- Gestion des ressources : allumage/extinction des machines au bon moment







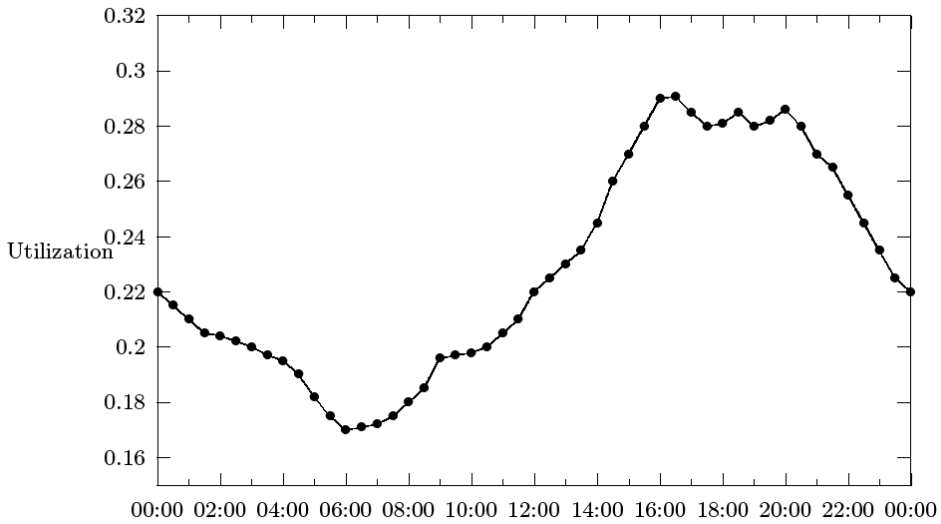
Surdimensionnement des réseaux de cœur



Réseau de cœur

	Power consumption [Watt]
1 Gbps port	7 W
2.5 Gbps port	15 W
10 Gbps port	34 W
40 Gbps port	160 W
100 Gbps port	360 W
400 Gbps port	(1236 W)
1 Tbps port	(2794 W)

*Van Heddeghem, Ward, Filip Idzikowski et al.. 2012. “Power Consumption Modeling in Optical Multilayer Networks.” Photonic Network Communications 24 (2): 86–102

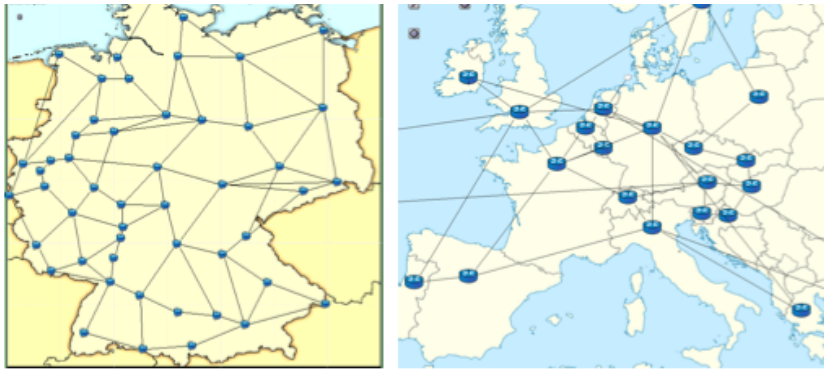


Charge typique d’un lien de cœur

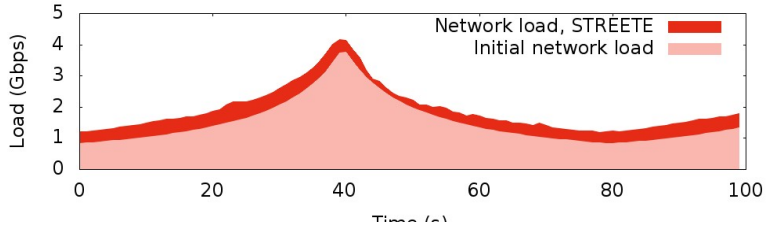
Hassidim, A., Raz, D., Segalov, M., Shaqed, A.: Network utilization: The flow view. In: INFOCOM, 2013 Proceedings IEEE. (2013) 1429–1437

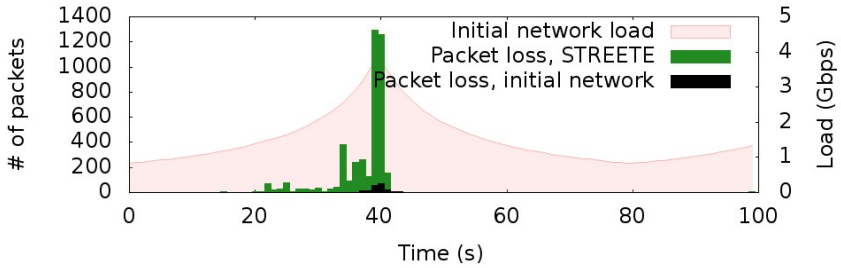
Adapter les coeurs de réseaux au trafic transporté

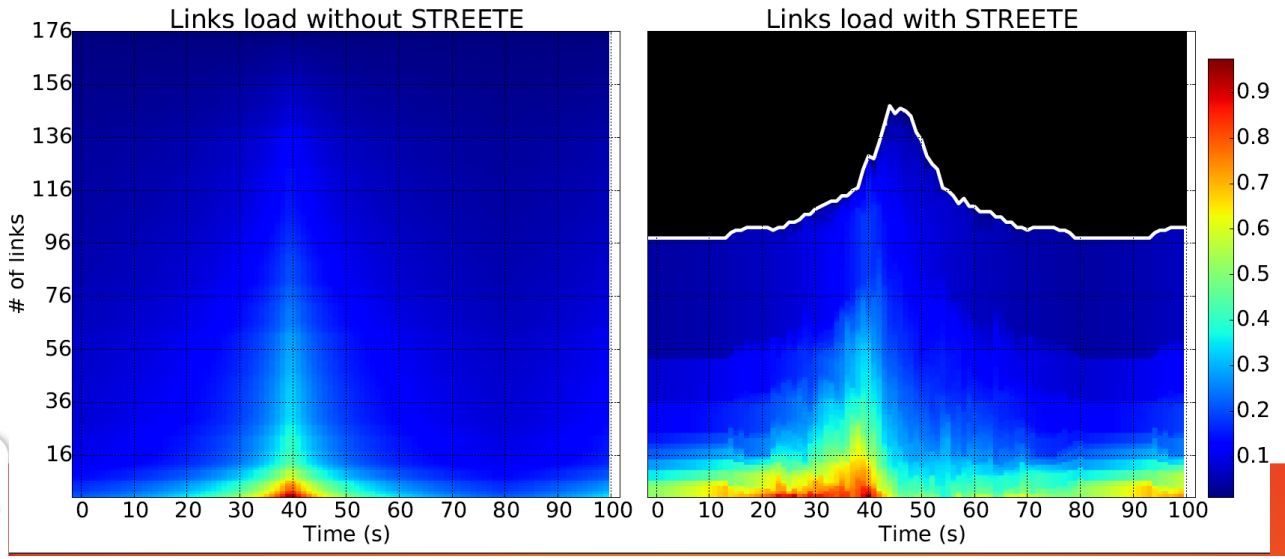
- Réseaux de coeur surdimensionnés
- Trafic variable (entre data-centres)
- On/Off dans couche IP (ports, liens)
- On/Off « complexes » car on veut re-router le trafic tout en évitant les congestions
- Intelligence et flexibilité dans le réseau : SDN
- Simulations avec OMNET++
- GreenTouch (2010-2015) : Facteur 1000 !



(a) Germany 50 network (b) Géant network







Consommation énergétique : Jusqu'à 39% de liens éteints
→ gain de 20 kW

MERCI

Olivier Glück
Laurent Lefèvre
et bien d'autres…
AVALON – Laboratoire LIP