

Projet Résilience

Synthèse du partenaire Paris 13

Christophe Cérin, Yanik Ngoko, Alain Takoudjou

Laboratoire d'Informatique de Paris Nord

19 juin 2014

Plan

- 1 Généralités
- 2 Intégrations dans SlapOS
- 3 Maîtrise de l'énergie dans le Cloud volontaire
- 4 Actions de valorisation

Étude des systèmes distribués

Définition (Cloud Computing)

Selon la définition du National Institute of Standards and Technology (NIST), le cloud computing est l'accès via un réseau de télécommunications, à la demande et en libre-service, à des ressources informatiques partagées configurables

SlapOS

- ▶ Ce n'est pas un Cloud d'inspiration HPC (High Performance Computing qui est pourtant notre fonds de commerce)
- ▶ Cloud en rupture car la machine virtuelle est une option et parce que des machines à la maison peuvent être agrégées ;
- ▶ C'est une vue d'esprit à trois ingrédients :
 - ▶ Un ERP (pour gérer le catalogue des applications déployables et la relation cliente) ;
 - ▶ Un modèle de déploiement ;
 - ▶ Des nœuds.

Architecture

SlapOS est basé sur une architecture dans laquelle les nœuds esclaves sont tous connectés à un nœud maître.

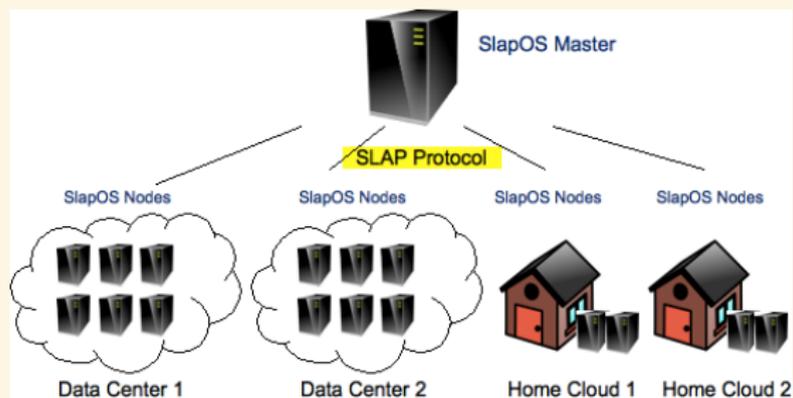


FIGURE: Architecture de SlapOS.

Quelques questions de recherche

1. Quelles applications (autres que Web) peut-on pousser dans SlapOS ? Quelles sont les limites à cette technologie ?
 - ▶ Études de cas proposées : intégration d'intergiciels de grille (de grille de PC pour continuer dans un cadre volontaire).
 - ▶ Ces intergiciels ont été développés à partir de technologies Ad-hoc. Les pousser dans le Cloud leur permet de continuer à exister !
 - ▶ Autre enjeu : les grilles de PC as a Service ;
2. Les machines volontaires peuvent servir à gérer l'élasticité du système général ou à chauffer des appartements (Projets industriels Qarnot Computing et Stimergy) :
 - ▶ Fournir un cadre de réflexion bien fondé sur l'optimisation de la consommation énergétique ;
 - ▶ Adaptation de techniques issues de l'Optimisation Combinatoire à un nouveau contexte ;
3. Liens avec la résilience (la capacité d'un système à continuer de fonctionner en cas de panne) : au départ nous avions prévu d'étudier des traces d'activités du Cloud... nous nous sommes rabattus sur ce qui est connu pour les comportements des volontaires dans les grilles de PC ⇒ prévoir un phénomène (consommation énergétique) en fonction de la disponibilité ;

Quelques questions de recherche

1. Quelles applications (autres que Web) peut-on pousser dans SlapOS ? Quelles sont les limites à cette technologie ?
 - ▶ Études de cas proposées : intégration d'intergiciels de grille (de grille de PC pour continuer dans un cadre volontaire).
 - ▶ Ces intergiciels ont été développés à partir de technologies Ad-hoc. Les pousser dans le Cloud leur permet de continuer à exister !
 - ▶ Autre enjeu : les grilles de PC as a Service ;
2. Les machines volontaires peuvent servir à gérer l'élasticité du système général ou à chauffer des appartements (Projets industriels Qarnot Computing et Stimergy) :
 - ▶ Fournir un cadre de réflexion bien fondé sur l'optimisation de la consommation énergétique ;
 - ▶ Adaptation de techniques issues de l'Optimisation Combinatoire à un nouveau contexte ;
3. **Liens avec la résilience** (la capacité d'un système à continuer de fonctionner en cas de panne) : au départ nous avons prévu d'étudier des traces d'activités du Cloud... nous nous sommes rabattus sur ce qui est connu pour les comportements des volontaires dans les grilles de PC ⇒ prévoir un phénomène (consommation énergétique) en fonction de la disponibilité ;

Plan

- 1 Généralités
- 2 Intégrations dans SlapOS
- 3 Maîtrise de l'énergie dans le Cloud volontaire
- 4 Actions de valorisation

Desktop Grids vers la fin des années 1990

- ▶ PCs deviennent suffisamment puissants pour du calcul scientifique ;
- ▶ PCs deviennent peu chers ;
- ▶ PCs s'achètent en supermarchés ;
- ▶ PCs deviennent connectés à Internet.

David Anderson (Berkeley) note que le paysage “includes over 1 billion privately owned PCs and 100 million GPUs capable of general-purpose computing. These have a total computing capability of roughly 100 ExaFLOPS, and on the order of 10 Exabytes of free disk space, accessible via 1 Petabit/second of network bandwidth.”

The screenshot shows the BOINC website homepage. At the top, there's a navigation bar with the BOINC logo and the text "Logiciel libre de calcul bénévole et distribué." Below this, there are social media icons for Facebook and Google+, and a search bar. The main content area is divided into several sections:

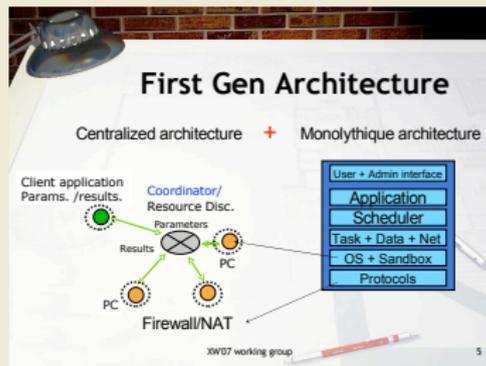
- Participant:** A blue box with the text "Participant" and links for "Téléchargement", "Aide", "Documentation", "Add-ons", and "Links".
- Puissance de calcul:** A yellow box with the text "100 meilleurs participants · Statistiques".
- Use the Idle time on your computer:** A section with a list of instructions:
 1. Choose projects
 2. Download BOINC software
 3. Enter an email address and password.
- Calculer avec BOINC:** A blue box with the text "Calculer avec BOINC" and links for "Documentation" and "Mises à jour logicielles".
- Nouvelles:** A yellow box at the bottom right.

A pie chart in the bottom right corner shows the distribution of computing power by hardware type:

Hardware Type	Percentage
CPU	50.4%
GPU	13.6%
PPU	36.0%

Architecture des Desktop Grids

Desktop Grid

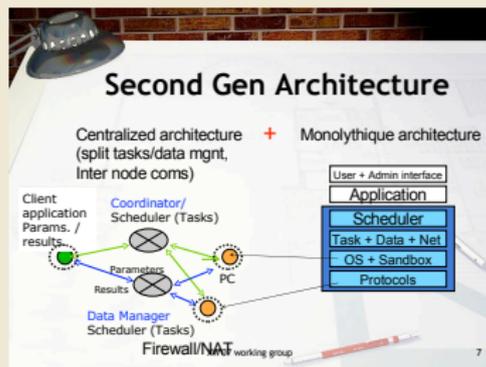


Points clés

- ▶ Fédération de milliers de nœuds ;
- ▶ Internet comme médium de communication layer : pas de confiance !
- ▶ Volatilité ; IP locales ; Pare-feux...

Architecture des Desktop Grids

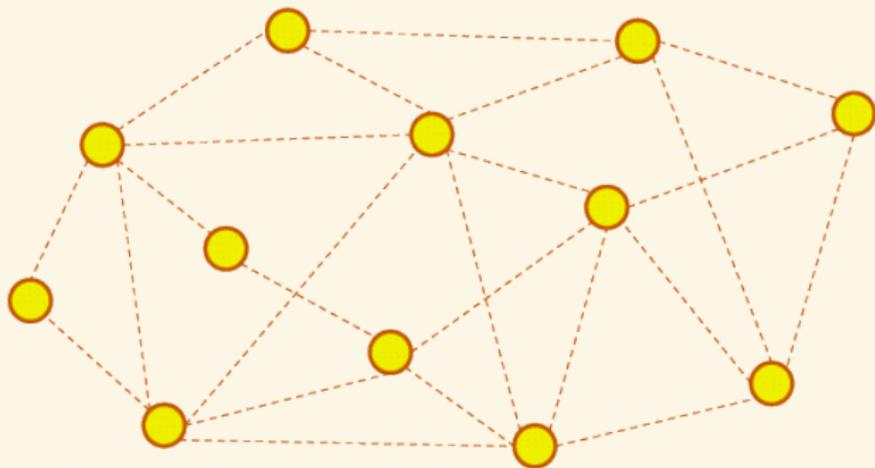
Desktop Grid



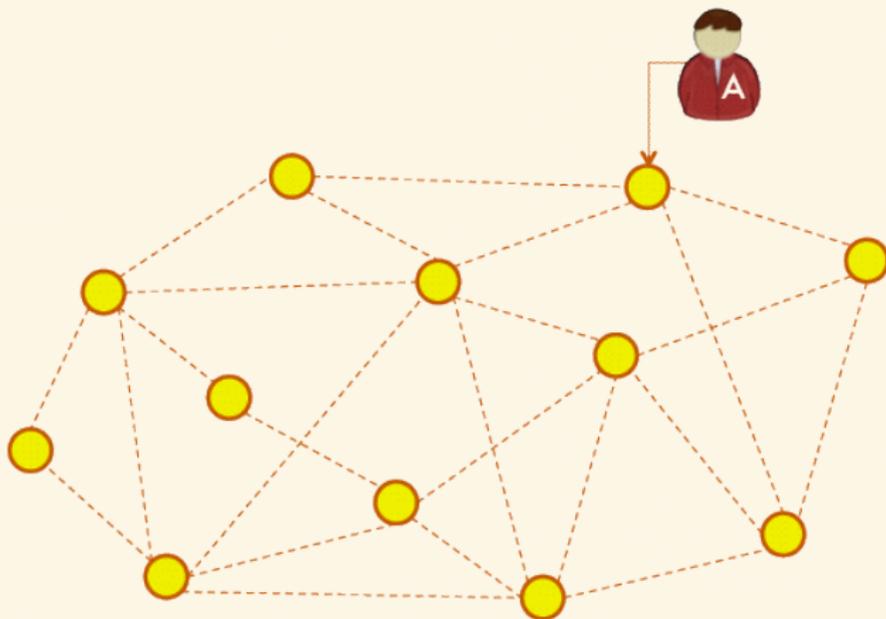
Génération 2006

- ▶ **Architecture distribuée**
- ▶ Architecture avec de la modularité. Tout composant est devient « configurable » : ordonnanceur, le stockage, le protocole de transport...
- ▶ Communications directes entre pairs ;
- ▶ Sécurité ;
- ▶ Applications viennent de toutes les e-Science.

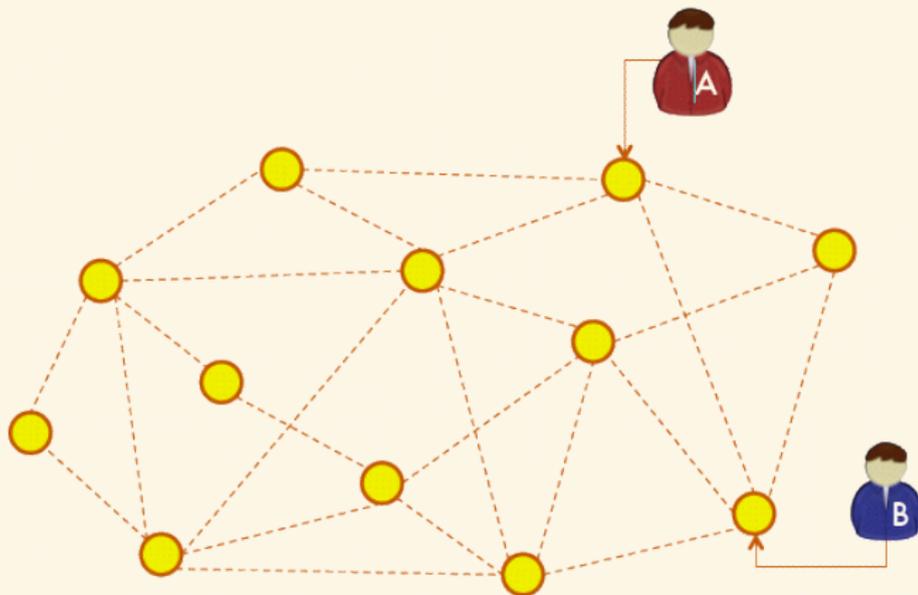
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



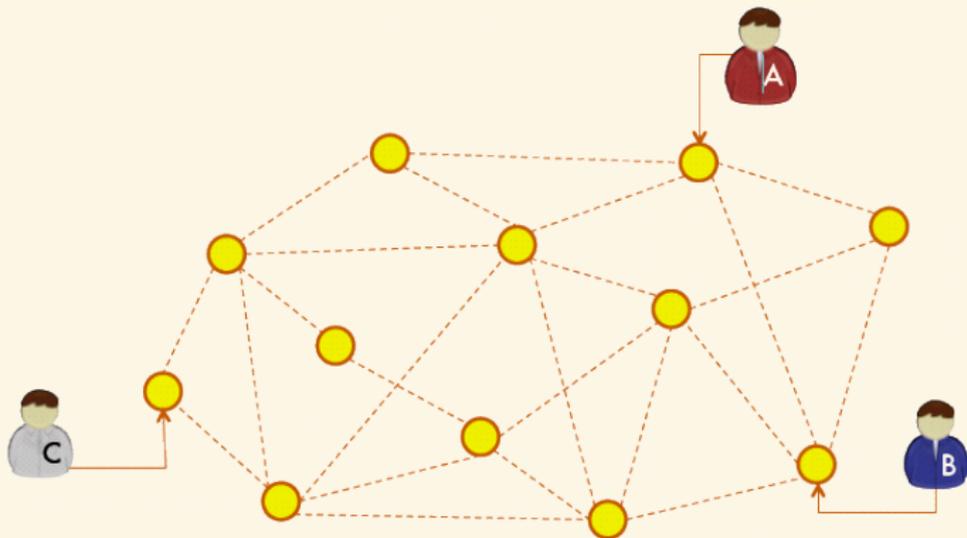
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



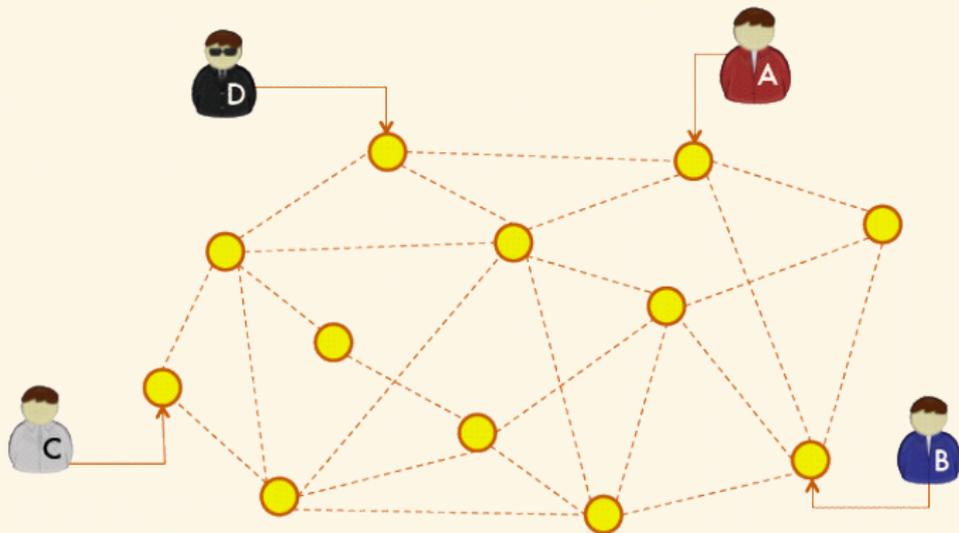
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



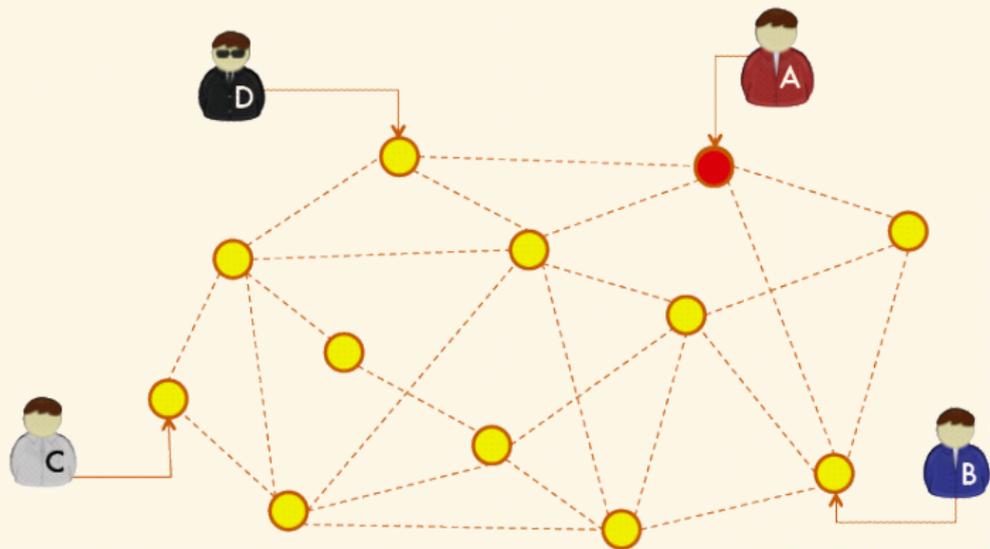
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



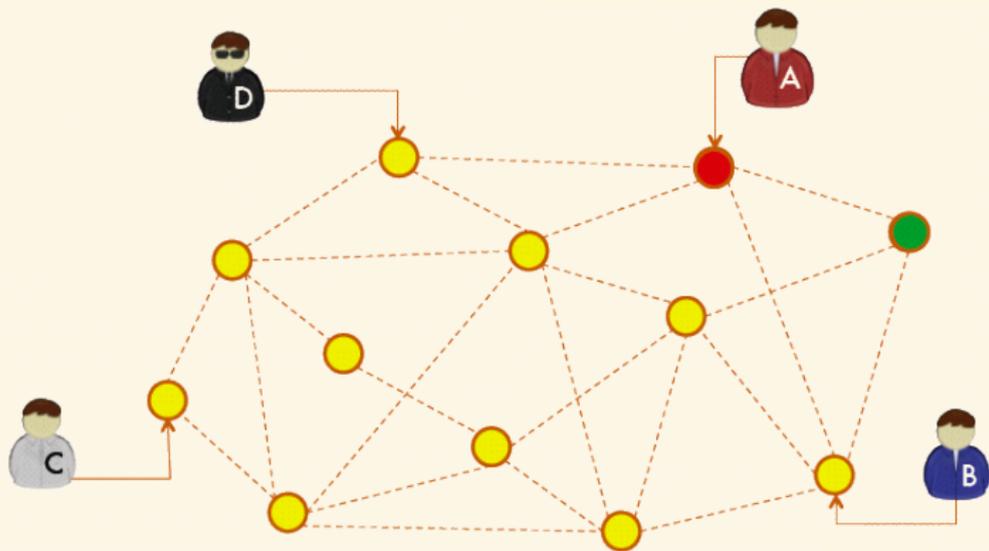
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



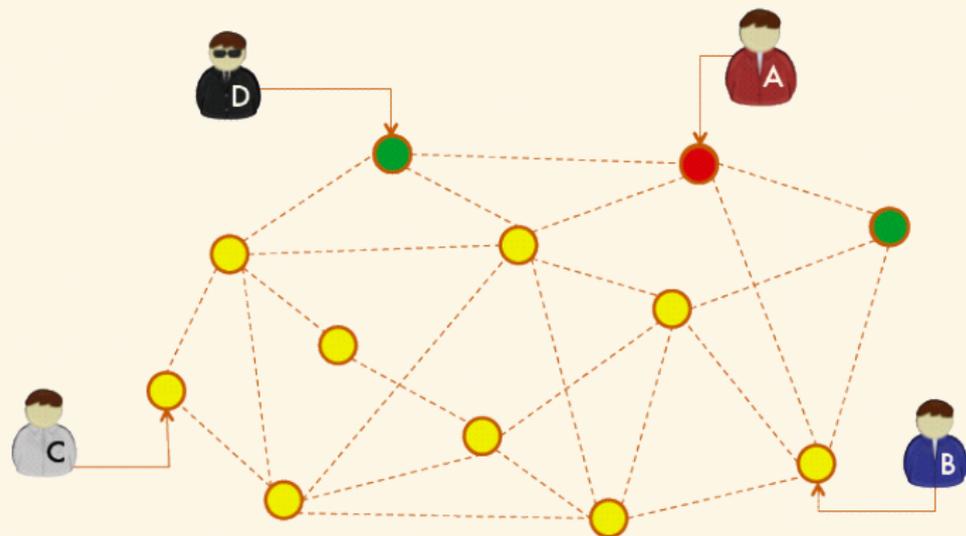
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



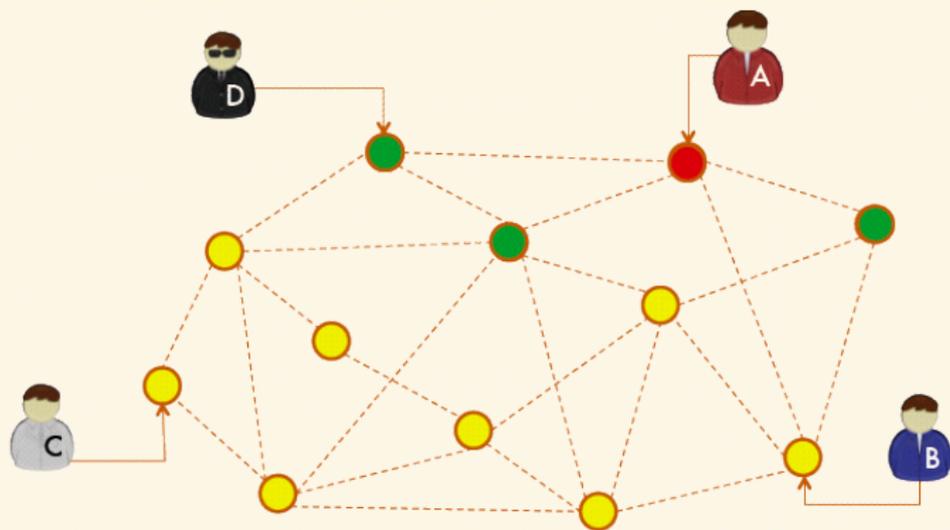
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



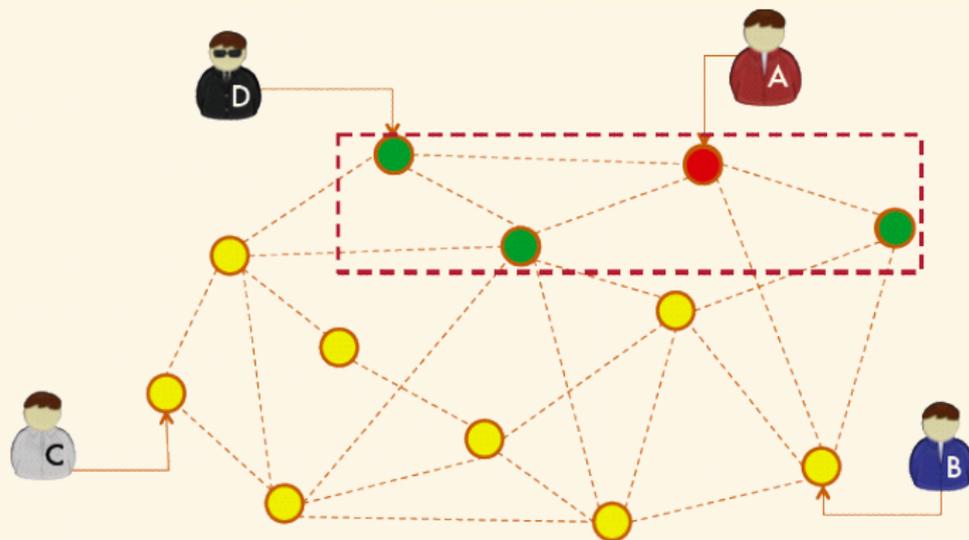
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid

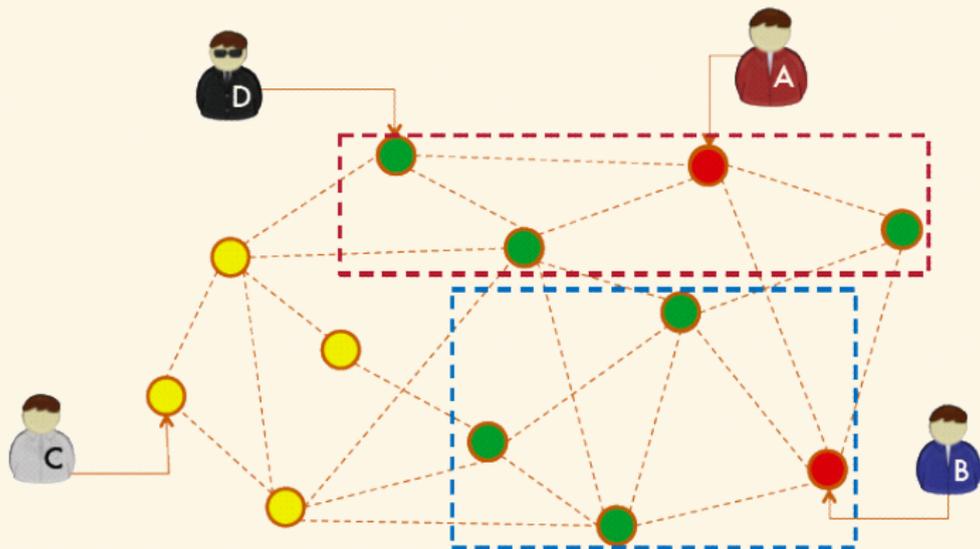


Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid

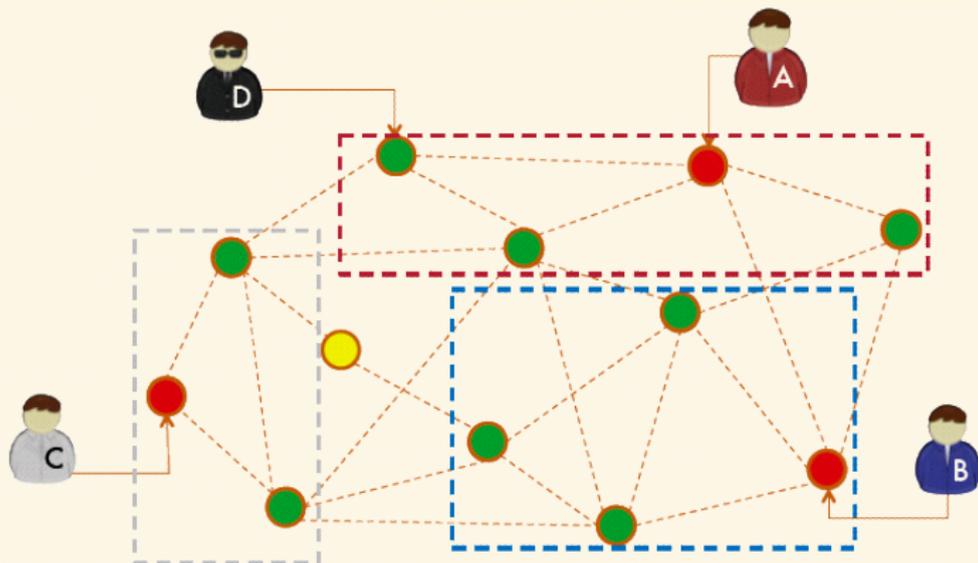


http://www.bonjourgrid.org/

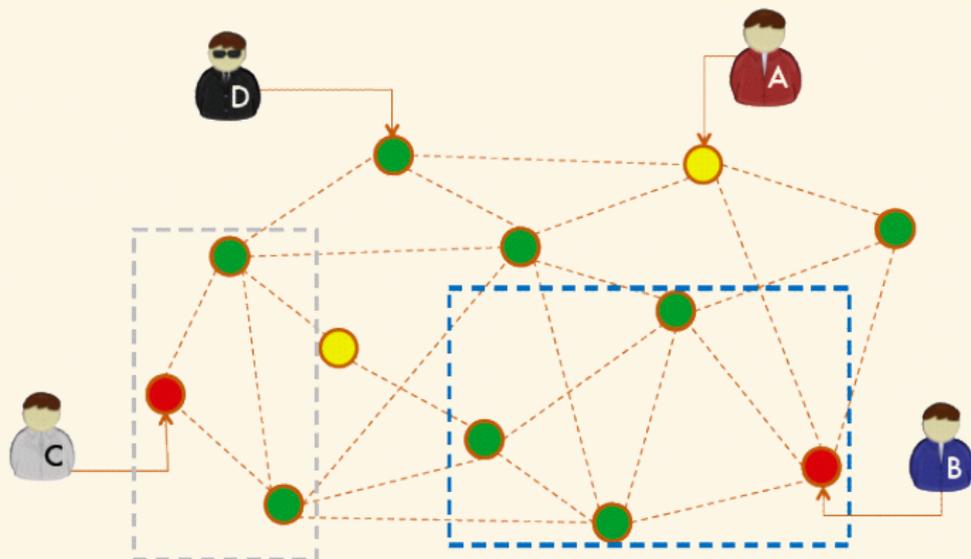
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



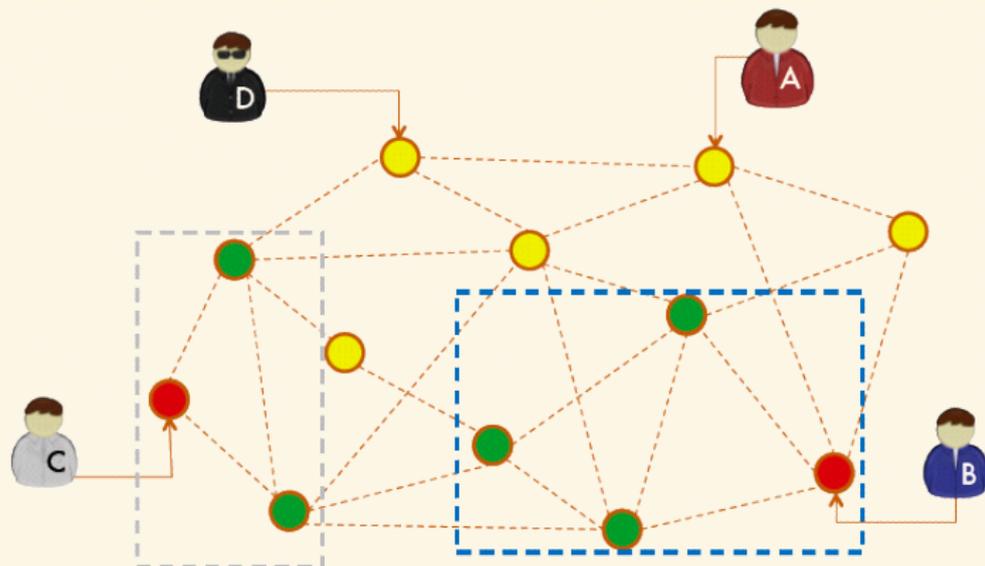
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



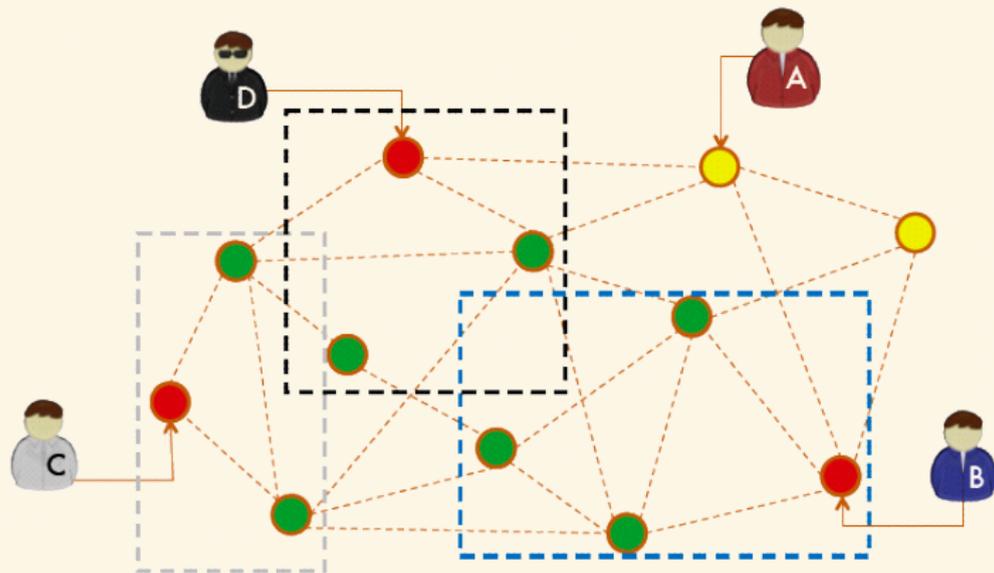
Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



Coordination d'intergiciels de grilles de PC : l'expérience BonjourGrid



Intégrations dans le cloud SlapOS

BOINC

- ▶ Observation : les clients BOINC ne peuvent pas être configurés en IPv6 (problème identifié mais non résolu dans le code source de BOINC) ;
- ▶ Le master BOINC = serveur Apache (qui est disponible avec SlapOS qui se configure automatiquement en IPv6)
- ▶ Solution : les clients BOINC se connectent en IPv4 en passant par un frontend/reverse proxy (IPv6 ↔ IPv4)

BonjourGrid

- ▶ Difficulté : modulariser la recette de déploiement ;
- ▶ Solution : une recette pour BOINC, une recette pour Condor, une recette pour BonjourGrid ;
- ▶ La recette de déploiement BonjourGrid : utilise une recette Redis (outil utilisé pour implémenter le protocole BonjourGrid) ; En fonction de l'intergiciel souhaité par l'utilisateur : on déploie BOINC ou Condor et on les démarre (via les scripts BonjourGrid)
- ▶ **Comment un utilisateur soumet un projet** : on passe à la recette des URL sur les binaires, les inputs, les configurations du projet.

Résultats

- ▶ BOINC as a Service ;
- ▶ Condor as a Service ;
- ▶ BonjourGrid as a Service ;
- ▶ BonjourGrid as a Service avec gestionnaires de données ;
- ▶ Image Grid'5000 (mars 2014) ;
- ▶ Autres intégrations :
 - ▶ OpenStack : nécessité de déployer dans un machine virtuelle pour avoir les droits super-utilisateurs pour configurer les interfaces réseaux ; (tout n'est donc pas automatisé)
 - ▶ Bureau virtuel dans le navigateur : comme il existe une interface HTML5, pas trop de difficulté ; (<http://test.host.cloud.univ-paris13.fr/ovd/>)
 - ▶ Trac (gestion de projet / versioning) ;
 - ▶ PaaS PHP (<https://softinst591.host.cloud.univ-paris13.fr/>) : permet de déployer et administrer des applications PHP dont Joomla, Wordpress, Drupal, PrestaShop... PhpMyAdmin, AjaxPlover
 - ▶ Zabbix, Salomé : (besoins internes à P13 : L2Ti, incubateur).
- ▶ Autre développement : WebRunner, l'IDE de SlapOS ;

Résultats

The screenshot shows the LAMP Service Dashboard interface. On the left, there is a navigation menu with the following items: Website management, Database management, Access to file manager, Apache Error Log, Apache Access Log, and Disconnect. The main content area is titled "LAMP Service Dashboard" and "Configure and access to your website". It includes a "Connection informations" section with fields for "WebSite URL" (http://sofinst594.host.cloud.univ-paris13.fr/index.php?lang=) and "IPv6 URL" (http://[2001:470:114:169:a101:535e:64c2:9d58]:8080/). Below this is a "Ready to deploy and use" section featuring icons for WordPress.org, Joomla!, and Drupal, along with a "Deploy Application" button. The "Upload your files" section contains instructions on how to upload source files and a "Deploy Application" button.

The screenshot shows a Linux desktop environment with a dark blue background. The desktop is populated with various application icons, including LibreOffice, Firefox, Sun Java 6, and Chrome. A taskbar at the bottom displays several open windows, including a terminal window with the command "df -h" and its output, and a file manager window showing the contents of a directory. The system tray in the bottom right corner shows the time as 11:14.

Plan

- 1 Généralités
- 2 Intégrations dans SlapOS
- 3 Maîtrise de l'énergie dans le Cloud volontaire**
- 4 Actions de valorisation

Maîtrise de l'énergie dans le Cloud volontaire

Éléments de contexte

- ▶ **Cloud volontaire** : les machines à la maison ET les data centers servent les requêtes / demandes ;
 - ▶ Avantages potentiels : élasticité (avec négociations du coût d'accès au Cloud, par exemple) ; en déportant l'application, l'électricité est utilisée aussi à autre chose (chauffage des appartements) ;
 - ▶ Mais il convient de gérer l'indisponibilité des nœuds → migrations des applications et réplicats ;
- ▶ **Problème traité** : étant donné en ensemble d'applications requises par les clients sur un intervalle de temps, l'objectif est de trouver un plan de déploiement qui est le moins consommateur en énergie.
- ▶ **Techniques utilisées dans la résolution** : issues de l'Optimisation Combinatoire. ILP (Integer Linear Programming), Heuristiques gloutonnes ;
- ▶ **Validations expérimentales** : via la simulation à partir de données observées pour la disponibilité des volontaires en Desktop Grid et de données réalistes (de la littérature scientifique) pour la consommation des liens de communication et des machines ; Analyses / Confrontations entre les solutions exactes (ILP) et approchées (heuristiques) ;

Maîtrise de l'énergie dans le Cloud volontaire

Résultats types obtenus

1. Résultat de complexité : le problème est NP-difficile non approximable (c'est-à-dire qu'il n'admet pas d'algorithme d'approximation)
2. Résultats opérationnels : programme ILP que l'on fait tourner dans un solveur (CPLEX) ; schéma de recherche glotonne qui peut s'instancier pour dériver plusieurs heuristiques ;

Modélisation mathématique : contraintes

For each date $\tau \in T$:

C_1 : *an application copy can only be deployed on an available machine ;*

C_2 : *all copies of each application must be assigned to distinct machines ;*

C_3 : *on any machine i , the number of applications assigned to it must not exceed q_i .*

Maîtrise de l'énergie dans le Cloud volontaire

Résultats types obtenus

1. Résultat de complexité : le problème est NP-difficile non approximable (c'est-à-dire qu'il n'admet pas d'algorithme d'approximation)
2. Résultats opérationnels : programme ILP que l'on fait tourner dans un solveur (CPLEX) ; schéma de recherche glotonne qui peut s'instancier pour dériver plusieurs heuristiques ;

Modélisation mathématique : contraintes

For each date $\tau \in T$:

C_1 : *an application copy can only be deployed on an available machine ;*

C_2 : *all copies of each application must be assigned to distinct machines ;*

C_3 : *on any machine i , the number of applications assigned to it must not exceed q_i .*

Maîtrise de l'énergie dans le Cloud volontaire

We can express our objective function as :

$$z = \sum_{j \in N} \sum_{i \in M} \sum_{\tau \in T} E_{ji} x_{ji}^{\tau} + \sum_{j \in N} \sum_{i, i' \in M} \sum_{\substack{\tau \in T \\ \tau > 0}} C_{jii'} v_{jii'}^{\tau} \quad (1)$$

z accounts for two terms, the first being the energy consumption cost, whereas the second is the additional power expense for instances migrations. As a consequence, the ILP modeling is as follows :

$$\min z \quad \text{subject to constraints :} \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ji}^{\tau} \leq q_i B_i^{\tau} \quad \forall i \in M, \tau \in T \quad (3)$$

$$\sum_{i \in M} x_{ji}^{\tau} = k_j \quad \forall j \in N, \tau \in T \quad (4)$$

$$v_{jii'}^{\tau} \geq x_{ji}^{\tau-1} + x_{ji}^{\tau} - 1 \quad \forall j \in N, i, i' \in M, \tau \in T \setminus \{0\} \quad (5)$$

$$x_{ji}^{\tau} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in N, i \in M, \tau \in T \quad (6)$$

$$v_{jii'}^{\tau} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in N, i, i' \in M, \tau \in T \setminus \{0\} \quad (7)$$

Résultats types de simulation

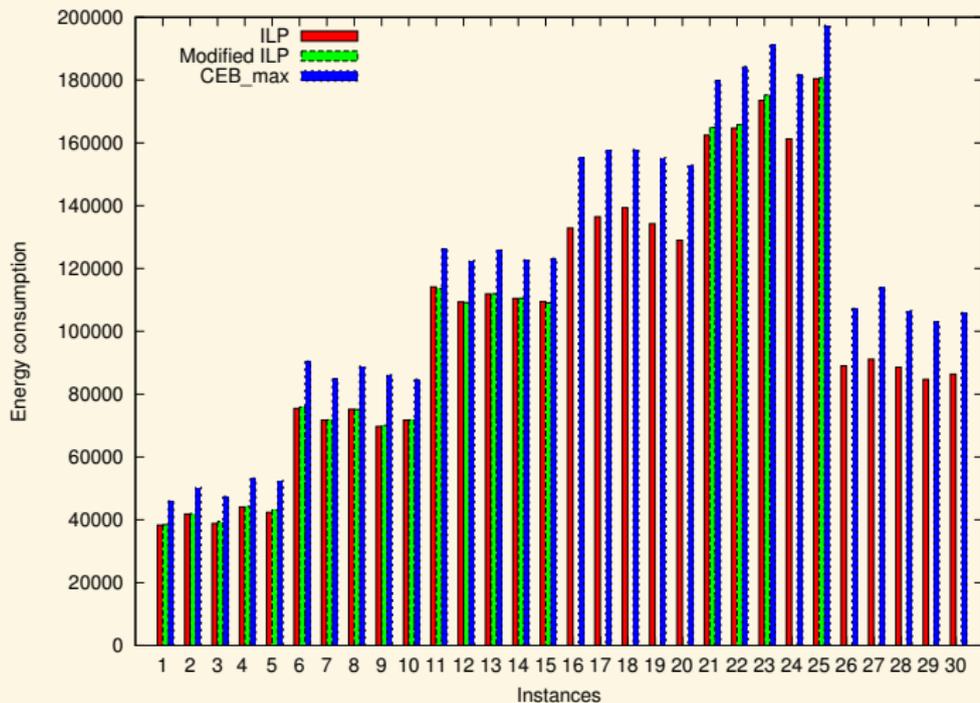


FIGURE: Energy consumption in the first series

Résultats types de simulation

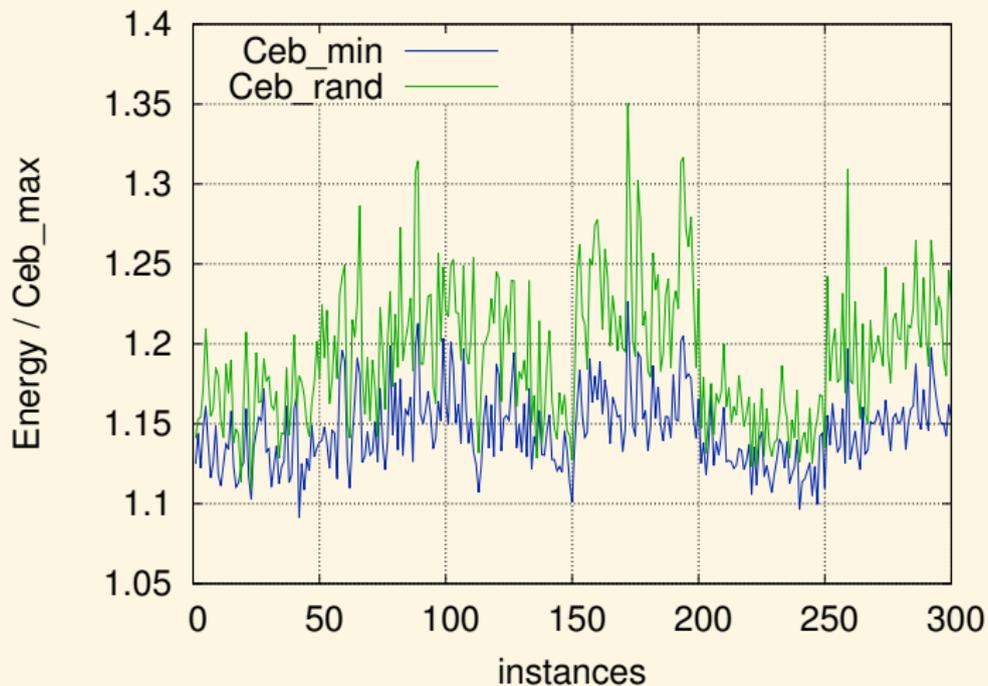


FIGURE: Energy consumption in the second series

Maîtrise de l'énergie dans le Cloud volontaire

Vers un schéma général de résolution (travail en cours)

- ▶ Il existe d'autres variantes du problème de minimisation d'énergie et nous pouvons observer que toutes ces variantes rentrent dans une famille de problèmes d'allocation que l'on trouve aussi bien en Service Computing qu'en Cloud Computing !
- ▶ Nous convergions vers un framework général de résolution en **contexte parallèle** à partir du moment où les problèmes sont formulés comme une variante du CSP (Problème de satisfaction de contraintes) ;
- ▶ Les techniques utilisées sont un couplage de Branch-and-Bound, Décomposition de domaine et Vol de tâches ;
- ▶ Prototype écrit en C++ qui se veut un outil semi automatique dans le sens suivant :
 - ▶ Les autres : approches dépendantes du problème (reformulation CSP) ;
 - ▶ Les autres : approches liées à un système (reformulation pour un outil général) ;
 - ▶ Nous : approches semi-automatique. L'utilisateur doit paramétrer un template générique. C'est une idée « à la Map-Reduce » : on fournit un schéma à instancier ;

Plan

- 1 Généralités
- 2 Intégrations dans SlapOS
- 3 Maîtrise de l'énergie dans le Cloud volontaire
- 4 Actions de valorisation**

Valorisation

Tutoriels / formations

- ▶ *Get started with SlapOS, the Distributed Cloud System* by Rafael Monnerat and Christophe Cérin at 23rd International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing - SBAC-PAD'2011 (<http://community.slapos.org/wiki>).
- ▶ Journée de formation sur SlapOS à Lille devant les ingénieurs INRIA (11/02/2013) ;
- ▶ Partie Cloud Computing dans le module Calcul Scientifique de l'école doctorale Galilée (<http://lipn.univ-paris13.fr/~cerin/maquette.html>)...et bientôt dans le cadre de Sorbonne-Paris-Cité ;
- ▶ Rencontres de Vichy (juin 2014) : calcul intensif et sciences des données (<http://lipn.univ-paris13.fr/~cerin/VICHY2014.html>)
- ▶ Tutoriaux SlapOS dans Grid'5000 et déploiement de gestionnaires de données à l'école de printemps Grid'5000 (juin 2014). Alain Takoudjou et Walid Saad.

Transfert

Discussions avec M. Chandrasegaran et l'incubateur de Paris 13 au sujet de l'utilisation potentielle de SlapOS ; Discussions avortées ;
Discussions en cours avec EthicPhones (incubateur de P13 et Bondy)

Valorisation

Articles de recherche

- ▶ Christophe Cérin, Congfeng Jiang, Yanik Ngoko, Paolo Gianessi and Jian Wan, *Modeling Energy Savings in Volunteers Clouds*, IEEE CloudCom Asia, Dec 2013
- ▶ Christophe Cérin, Alain Takoudjou, *BOINC as a Service for the SlapOS Cloud : Tools and Methods*, IEEE IPDPS Workshops 2013 : 974-983
- ▶ Romain Courteaud, Yingjie Xu, Christophe Cérin, *Practical solutions for resilience in SlapOS*, IEEE CloudCom 2012 : 488-495
- ▶ Jean-Paul Smets-Solanes, Christophe Cérin, Romain Courteaud *SlapOS : A Multi-Purpose Distributed Cloud Operating System Based on an ERP Billing Model* IEEE SCC 2011 : 765-766
- ▶ En soumission au Journal of Big Data Intelligence : *Designing and Implementing a Cloud-Hosted SaaS for Data Movement and Sharing with SlapOS* (Christophe Cérin, Mohamed Jemni, Heithem Abbes, Walid Saad)
- ▶ En soumission au Fourth Workshop on Parallel Computing and Optimization : *Towards Energy Efficient Allocation for Applications in Volunteer Cloud* (Christophe Cérin, Congfeng Jiang, Yanik Ngoko, Paolo Gianessi and Jian Wan)
- ▶ En soumission à IEEE Transactions on Computers : (Christophe Cérin and Yanik Ngoko)

Valorisation

Rapports techniques

- ▶ Christophe Cérin, Alain Takoudjou, Nicolas Grenèche : Intégration des intergiciels de grilles de PC dans le nuage SlapOS : le cas de BOINC. CoRR abs/1211.6473 (2012)
- ▶ Alain Takoudjou, Christophe Cérin, Jean-Paul Smets, *Déploiement de la plate-forme SlapOS dans l'environnement Grid'5000*. À envoyer pour l'école de printemps Grid'5000
- ▶ Alain Takoudjou, Leila Abidi, Christophe Cérin, *Intégration d'applications dans la plate-forme de Cloud Computing SlapOS*. Synthèse du travail d'intégration et impacts, en terme de normes, sur l'architecture des Clouds.

Pour terminer...

- ▶ Nombreux articles de recherche ;
- ▶ Nombreuses actions pour faire connaître SlapOS dans les communautés : Grid'5000 et via l'instance locale <https://slapos.cloud.univ-paris13.fr>
- ▶ Collaborations internationales avec la Chine (Hangzhou et Wuhan), la Tunisie (Tunis), USA (Université d'Arizona) ;
- ▶ Dépôt d'une ANR (P13, P7 et NEXEDI) sur le Green Scheduling ; (non retenue)
- ▶ Tentatives de transfert (Incub13) ;
- ▶ Projet d'un diplôme d'université de niveau 1.

Valorisation

Rapports techniques

- ▶ Christophe Cérin, Alain Takoudjou, Nicolas Grenèche : Intégration des intergiciels de grilles de PC dans le nuage SlapOS : le cas de BOINC. CoRR abs/1211.6473 (2012)
- ▶ Alain Takoudjou, Christophe Cérin, Jean-Paul Smets, *Déploiement de la plate-forme SlapOS dans l'environnement Grid'5000*. À envoyer pour l'école de printemps Grid'5000
- ▶ Alain Takoudjou, Leila Abidi, Christophe Cérin, *Intégration d'applications dans la plate-forme de Cloud Computing SlapOS*. Synthèse du travail d'intégration et impacts, en terme de normes, sur l'architecture des Clouds.

Pour terminer...

- ▶ Nombreux articles de recherche ;
- ▶ Nombreuses actions pour faire connaître SlapOS dans les communautés : Grid'5000 et via l'instance locale <https://slapos.cloud.univ-paris13.fr>
- ▶ Collaborations internationales avec la Chine (Hangzhou et Wuhan), la Tunisie (Tunis), USA (Université d'Arizona) ;
- ▶ Dépôt d'une ANR (P13, P7 et NEXEDI) sur le Green Scheduling ; (non retenue)
- ▶ Tentatives de transfert (Incub13) ;
- ▶ Projet d'un diplôme d'université de niveau 1.

Merci pour votre attention

- 1 Généralités
- 2 Intégrations dans SlapOS
- 3 Maîtrise de l'énergie dans le Cloud volontaire
- 4 Actions de valorisation

`christophe.cerin@lipn.univ-paris13.fr`