



**HAL**  
open science

## Intégration des intergiciels de grilles de PC dans le nuage SlapOS : le cas de BOINC

Christophe Cérin, Alain Takoudjou, Nicolas Grenèche

► **To cite this version:**

Christophe Cérin, Alain Takoudjou, Nicolas Grenèche. Intégration des intergiciels de grilles de PC dans le nuage SlapOS : le cas de BOINC. 2012. hal-00757626

**HAL Id: hal-00757626**

**<https://hal.science/hal-00757626>**

Submitted on 27 Nov 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Intégration des intergiciels de grilles de PC dans le nuage SlapOS : le cas de BOINC

Christophe Cérin, Nicolas Greneche, Alain Takoudjou\*

Université Paris 13, PRES Sorbonne Paris Cité  
LIPN UMR CNRS 7030  
99, avenue Jean-Baptiste Clément  
F-93430 Villetaneuse, France  
alain.takoudjou@lipn.univ-paris13.fr

12 novembre 2012

## Résumé

Dans cet article nous exposons les problèmes et les solutions liés à l'intégration des intergiciels de grilles de PC dans un cloud, en l'occurrence le cloud libre SlapOS. Nous nous concentrons sur les problématiques de recettage qui décrivent l'intégration ainsi que la problématique du confinement d'exécution qui constituent deux aspects systèmes des architectures orientées service et du « Cloud Computing ». Ces deux problématiques dénotent par rapport à ce qui se fait traditionnellement dans les clouds parce que nous ne nous appuyons pas sur des machines virtuelles, qu'il n'y a pas de centre de données (au sens du cloud). Par ailleurs nous montrons qu'à partir du modèle de déploiement initial nous pouvons prendre en compte non seulement des applications Web, B2B... mais aussi des applications grilles; ici un intergiciel de grilles de PC qui constitue une étude de cas.

*Keywords:* Aspects systèmes des architectures orientées service et du Cloud; Portage applicatif; Intégration; Recettes; Confinement sans machine virtuelle.

## 1 Introduction

Le cloud computing ou « informatique dans le nuage » désigne une forme de traitement et un ensemble de ressources informatiques massivement extensibles, exploités par de multiples clients externes sous forme de services. Plus précisément selon le NIST (National Institute of Standards and Technology),

---

\*Nous remercions en particulier Jean-Paul Smets et Cédric de Saint-Matin de Nexedi pour les échanges fructueux au cours de la rédaction de cet article.

le cloud computing est l'accès via le réseau, à la demande et en libre-service à des ressources informatiques virtualisées et mutualisées [21]. La « cloudification », c.à.d. l'intégration d'une application dans un cloud doit s'envisager sous les angles :

- Software as a Service (SaaS) : l'application est découpée en services ;
- Data as a Service (DaaS) : les données sont disponibles sur le réseau ;
- Platform as a Service (PaaS) : la plate-forme est granulaire ;
- Infrastructure as a Service (IaaS) : l'infrastructure est virtualisée.

C'est en 2009 qu'a eu lieu une réelle explosion du cloud sur le marché avec l'arrivée de Google App Engine [23], Microsoft Azure [19], IBM Smart Business Service [22] et bien d'autres. En mars 2010, IELO, Mandriva, Nexedi et Tiolive qui sont quatre éditeurs de logiciels libres se réunissent pour fonder la « Free Cloud Alliance »(FCA) dans le but de promouvoir des Clouds Open Source<sup>1</sup>, elle propose une offre globale réunissant IaaS, PaaS et SaaS, constituée de tous les composants libres nécessaires aux applications Progiciel de Gestion Intégré (ERP), gestion de la relation client (CRM) ou gestion de la connaissance (KM).

En 2011 le projet Resilience, retenu dans le cadre du 12ème appel à projets du fonds unique interministériel (FUI-12) fut lancé. Ce projet regroupe des universitaires (Paris 13, Institut Télécom, INRIA) et des industriels dont Nexedi, Sagem Morpho, Wallix, Vifib. Ce projet comporte une partie « prospective amont »qui est relatée dans cet article.

Le projet Resilience se base sur le cloud libre SlapOS [26], dont les principales caractéristiques sont les suivantes, en première approximation :

- il ne repose pas sur de la virtualisation ;
- il ne repose pas sur des centres de données ;
- il reprend en partie une architecture de grille de PC [13] : des machines à la maison abritent des services et des données ; un « maître »contient un annuaire des services et les services eux mêmes ;
- la propriété d'interopérabilité s'obtient « à la Grid'5000 »c.à.d en déployant le démon SLAPGRID sur des noeuds d'Amazon, d'Azure... puis en installant sur ces noeuds les bonnes versions logicielles. Cela évite d'utiliser par exemple Libcloud qui est une librairie servant à l'interopérabilité des clouds... mais rien ne garantit que chacun des clouds tourne la même version de Libcloud ce qui est généralement une condition nécessaire au bon fonctionnement global.

Le problème général que nous adressons est le suivant : comment faire en sorte qu'un service de Grille de PC soit déployable depuis n'importe où, n'importe quand (à la demande) et sur n'importe quels dispositifs (smartphones, tablettes, PC...). Une première option est d'intégrer tel quel dans le nuage les intergiciels les plus utilisés à ce jour comme BOINC et Condor. C'est l'objet de cette étude. La deuxième option serait de repenser les interactions entre les composants usuels d'une grille de PC en terme de paradigme issus du Web 2.0. C'est l'objet d'un autre travail que nous ne commentons pas plus ici.

---

1. Free Cloud Alliance : <http://www.freecloudalliance.org/press/fca-Press.Contact/news-free-cloud-alliance>

Dans cet article, nous illustrons nos contributions à partir de notre expérience de « cloudification » de l'intergiciel de grille de PC BOINC dans SlapOS ce qui fait ressortir les points clés architecturaux de SlapOS, les principaux concepts liés aux systèmes d'exploitation qui sont mis en jeu. Les difficultés résident dans le fait que BOINC est organisé différemment par rapport aux applications Web qui sont le « fond de commerce » de SlapOS. La question est donc de savoir si le modèle SlapOS est suffisamment général pour « cloudifier » aussi des intergiciels de grilles. Nous ouvrons également une discussion sur le modèle de confinement d'exécution et sur son couplage avec SlapOS.

Ainsi, dans cet article nous présentons une méthodologie d'intégration de BOINC dans le nuage SlapOS ainsi qu'une première réflexion quant au confinement d'exécution dans SlapOS. Si l'on veut qu'un utilisateur accepte de voir tourner une partie d'une application sur son propre smartphone ou tablette, il est nécessaire de lui garantir que l'application ne pourra pas être intrusive. Ce problème n'est pas propre aux grilles de PC, mais il est d'importance et sa solution est directement liée à la manière d'intégrer une application, ici BOINC. L'état actuel de développement de SlapOS n'inclut pas de solution pour ce problème.

L'organisation de l'article est donc le suivant. Dans le paragraphe 2 nous introduisons les concepts clé de SlapOS, les problèmes traités et notre positionnement. Le paragraphe 3 décrit les expériences et ce que nous en retirons en terme d'organisation future de SlapOS. Le paragraphe 4 conclut cet article.

## 2 Enjeux scientifiques et techniques

### 2.1 Présentation générale de SlapOS

SlapOS (Simple Language for Accounting and Provisioning Operating System [26]) est un système d'exploitation distribué et Open Source qui fournit un environnement permettant d'automatiser le déploiement des applications, tout en incluant des services de comptabilité et la facturation grâce à l'ERP5 (Progiciel de Gestion Intégré libre basé sur la plate-forme Zope et le langage Python). Basé sur la devise que « tout est processus », SlapOS combine le Grid Computing (en particulier BonjourGrid [4, 5]) et les techniques des ERP pour fournir des composants IaaS, PaaS et SaaS, tout cela à travers un démon appelé SLAPGRID. Les forces de SlapOS sont la compatibilité avec tout système d'exploitation, particulièrement les systèmes GNU Linux ; la compatibilité avec toutes les technologies logicielles, le support de plusieurs infrastructures (IaaS) différentes et plus de 500 recettes disponibles pour les applications grand public telles que LAMP (Linux Apache MySQL PHP).

La cloudification d'intergiciels de Grid Computing ne faisait donc pas partie du cœur du métier des personnes ayant introduit la solution SlapOS. Cet article démontre que BOINC peut avantageusement s'intégrer au cloud SlapOS et nous montrons les efforts nécessaires tout en soulignant les concepts clés qui rendent cette intégration aisée. L'objectif est donc d'étudier et de montrer que l'on peut,

« en un clic », instancier, configurer des familles de logiciels et les déployer sur Internet.

### 2.1.1 Concepts clés de SlapOS

L'architecture de SlapOS est constituée de deux types de composants : SlapOS Master et des SlapOS Nodes. Le SlapOS Master indique au SlapOS Node quel logiciel doit être installé et aussi quelle instance d'un logiciel spécifique sera déployé ; il agit comme un annuaire centralisé de tous les SlapOS Nodes ; il connaît l'emplacement où les logiciels sont situés ainsi que tous les logiciels qui y sont installés. En se basant sur la date de démarrage, la date d'arrêt (ce qui représente un intervalle d'exécution) et aussi sur les ressources utilisés par une application, le Master peut faire la facturation pour chaque utilisateur. Le SlapOS Node peut être hébergé sur un ou plusieurs datacenters ou encore sur un ordinateur local, il communique avec le SlapOS Master à l'aide du SLAP Protocol et renseigne de façon périodique sur l'état des ressources dont il dispose. Le rôle du SlapOS Node est d'installer et d'exécuter des processus tandis qu'un Master a pour rôle d'allouer les processus aux SlapOS Nodes.

SlapOS Node s'exécute sur un noyau appelé « SlapOS kernel », il est constitué d'une distribution minimale du système GNU Linux, d'un démon nommé SLAPGRID, d'un environnement d'amorçage des applications (technologie Buildout) et de Supervisor qui sert à contrôler les processus en cours d'exécution.

Pour introduire les concepts clés, nous discutons, de manière générale, de l'installation d'un nouveau logiciel dans SlapOS. Ainsi SLAPGRID reçoit du Master une requête pour installer un logiciel, celui-ci télécharge alors le fichier de description du logiciel que l'on appelle « Buildout profile » et lance le processus d'amorçage Buildout qui va installer le logiciel. Buildout est un système de compilation développé en python et utilisé pour créer, assembler et déployer des applications composées de plusieurs pièces dont certaines peuvent être non-basé sur Python. Il permet de créer une configuration Buildout et de l'utiliser pour reproduire/cloner le logiciel plus tard. Il est capable d'exécuter un programme C, C++, ruby, java, perl, etc. Il joue un rôle que l'on peut rapprocher à celui de GNU Make.

SLAPGRID peut aussi recevoir du Master une requête demandant de déployer une instance d'un logiciel, il utilise alors **Buildout** pour créer tous les fichiers (fichiers de configurations et programmes à exécuter) nécessaires, à l'aide de Supervisor lance le démarrage de l'application.

Un logiciel sur un SlapOS Node est appelé « Software Release » et il est constitué de l'ensemble des programmes et composants nécessaires à son fonctionnement. A partir d'un Software Release, on peut créer plusieurs instances du logiciel correspondant qu'on appelle « Software Instance ». Le concept de Software Instance renvoie à l'idée selon laquelle un serveur peut exécuter de façon indépendante un nombre élevé de processus d'un même logiciel. Puisque ces processus utilisent la même mémoire partagée, l'empreinte mémoire est surchargée et permet d'exécuter une autre instance avec des ressources mémoires minimales,

contrairement au principe de virtualisation. Il est donc possible d'exécuter sur un SlapOS Node plus de 200 instances d'un même logiciel. Dans le cas de Tiolive Services, 200 ERP5 peuvent être exécuté sur un CPU dual core standard.

Une partition SlapOS ou « Computer Partition » peut être vue comme un conteneur léger ou un enceinte clos [24], il fournit un niveau d'isolation raisonnable (inférieur à celui d'une machine virtuelle) basé sur la gestion des utilisateurs et des groupes par le système d'exploitation hôte. Chaque Partition est constituée d'une adresse IPv6, une adresse IPv4 locale (privée), une interface TAP [17] dédié nommée « slaptapN », un nom d'utilisateur de la forme « slapuserN » et un répertoire dédié (généralement /srv/slapgrid/slappartN). SlapOS est configuré pour fonctionner avec IPv6, l'un des avantages étant la possibilité d'avoir un très grand nombre de partitions.

Une *partition* est destinée à contenir une seule application, celle-ci peut être une Software Instance quelconque ; la Software Instance est alors accessible depuis l'adresse IP de la *partition*. Seul l'utilisateur slapuserN a les droits de lecture et d'écriture sur les données de la partition *N*, de même les processus de la partition sont exécutés et contrôlés par l'utilisateur slapuserN. Toutes ces règles permettent d'assurer une certaine sécurité et évite des accès non autorisés venant par exemple des processus d'une autre partition. Puisque SlapOS s'exécute en mode administrateur (root) il a donc la possibilité d'accéder et de paramétrer la partition *N* sans avoir besoin d'être slapuserN.

Généralement, SlapOS regroupe les environnements d'exécution des logiciels sous forme de *stack* (pile). Le concept de *stack* dans SlapOS représente un environnement de base pour le déploiement d'une classe d'application bien précise. Nous pouvons prendre l'exemple des applications Web basées sur PHP, une *stack* (actuellement nommée LAMP) permettra alors d'installer l'ensemble des composants nécessaires pour l'exécution de ces applications (MySQL, PHP, Apache, etc). La *recette* associée permettra de démarrer les services. L'objectif ici est de fournir une méthode généralisant le déploiement des applications de même type tout en simplifiant la création de leurs profils Buildout. Toute la complexité est renvoyée au niveau de la *stack*. Dans le même ordre d'idée, les composants (Apache, PHP, etc) sont portés de manière séparée et indépendante dans SlapOS ce qui permet d'utiliser le même composant dans plusieurs *stacks* ou Software Release.

Le fonctionnement de SlapOS repose aussi autour des technologies externes Buildout et Supervisor. Afin d'automatiser le déploiement des applications, SlapOS a recours à la technologie Buildout en exploitant les concepts de *parts* et de *recette*. Une *part* représente tout simplement un objet, un paquet python ou un programme manipulé par Buildout. La *part* est référencée par son nom et sera installée dans le répertoire de l'application à laquelle elle est associée. Pour chaque *part* est définie une *recette* qui contient sa logique de gestion ainsi que les données qui seront utilisées. Une *recette* est un objet qui sait comment installer, mettre à jour ou désinstaller une *part* précise. Dans le cadre de SlapOS on dispose d'un annuaire de *recettes* nommé *slapos.cookbook* qui contient près de

105 recettes pour le déploiement d'applications et de composants. Le paquet `slapos.cookbook` peut être consulté sur <http://pypi.python.org/pypi/slapos.cookbook/>

## 2.2 Confinement d'exécution, sûreté de fonctionnement

La première idée de conception de SlapOS est de considérer que tout est processus ainsi, le système est basé sur la collection d'un ensemble de processus qui communiquent entre eux à base de services internet utilisant des protocoles de communications. Les processus sont surveillés par l'outil Supervisor qui permet de les relancer en cas de problèmes. Nous n'allons pas plus loin ici sur ces questions de tolérance aux pannes car cela est en dehors du cadre mais ces préoccupations sont abordées dans le projet Resilience. SlapOS combine des hébergements non fiables, des serveurs dédiés à moindre coût et des clouds à domicile pour atteindre une fiabilité de 99,999%. SlapOS est en réalité beaucoup plus fiable que les approches traditionnelles du cloud puisque, en sélectionnant des sources indépendantes, il peut survivre en cas de force majeure : grève, tremblement de terre, coupures d'électricité, etc.

## 3 Description des expériences

### 3.1 Introduction

Supposons que vous souhaitez qu'une de vos machines s'intègre dans SlapOS. La démarche générique est la suivante :

1. télécharger et/ou installer une image SlapOS ;
2. créer un compte utilisateur sur le master (<http://vifib.net>) ;
3. amorcer cette image (configuration automatique du réseau, formatage du disque local si besoin c.à.d. si on souhaite installer les partitions SlapOS sur ce disque) ;
4. lancer la commande `slapprepare` afin de configurer les partitions SlapOS, enregistrer le nœud au niveau du master (le login et le mot de passe du compte utilisateur précédent sont requis) et démarrer le démon SLAP-GRID ce qui autorise la communication entre le nœud et le master ;
5. la dernière opération consiste à demander à l'administrateur du master l'enregistrement du/des applications à installer sur le nœud. Il faut fournir une url de la forme `http://git.erp5.org/gitweb/slapos.git/blob/refs/heads/grid-computing:/software/boinc/software.cfg`.

### 3.2 Articulation des fichiers de recettage

L'intégration des applications à SlapOS passe par l'écriture des profils Buildout, constitués principalement du fichier `software.cfg`, qui va ensuite faire la référence à tous les autres fichiers requis. Dans le cadre de l'intégration des applications de type BOINC (applications qui tournent avec BOINC) nous avons conçu l'architecture présentée à la figure 1.

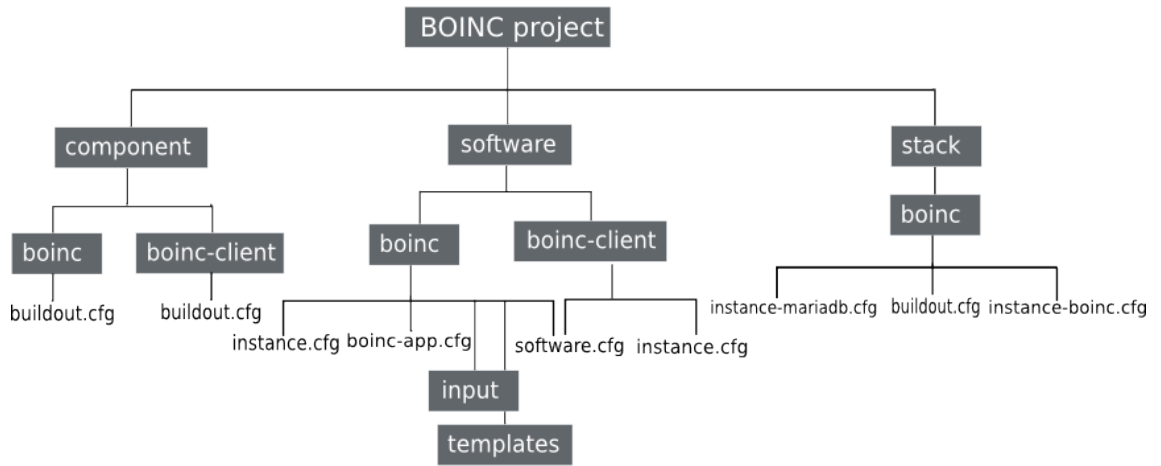


FIGURE 1 – Présentation de l’arborescence du projet BOINC pour SlapOS.

BOINC est une plate-forme de calcul distribué. Pour l’utiliser, on peut créer un projet puis fournir une ou plusieurs applications, des fichiers de données et les fichiers de configuration pour l’exécution de l’application sur sa plate-forme. Il convient donc de créer une *stack* que nous avons nommée BOINC et qui va permettre d’installer de configurer un environnement d’exécution pour les applications BOINC dans SlapOS. Ainsi la création d’un projet et l’intégration d’une ou plusieurs applications à exécuter se réduira simplement à la définition des paramètres permettant de personnaliser notre projet et au téléchargement des fichiers utiles. Cet aspect nous semble un effort raisonnable.

BOINC est subdivisé en trois applications distinctes que nous discutons maintenant.

### 3.2.1 BOINC Server

L’installation du serveur est plus complexe. Sur la Figure 1, nous avons appelé tout simplement cette installation « BOINC », elle est donc constitué de la stack nommée « BOINC », d’un composant nommée « BOINC » et d’une application exemple nommée aussi « BOINC ».

BOINC est une application avec de nombreuses dépendances pour sa compilation, toutefois, la plupart de ses composants sont déjà disponible dans SlapOS. Le profil du composant BOINC permet donc de compiler BOINC dans SlapOS en y intégrant tous les autres composants nécessaires pour cette compilation. Notons sur la Figure 1 aussi l’utilisation des options *-disable-manager* et *-disable-client* qui permettent de désactiver la compilation du client et du manager.

La stack BOINC intervient à deux niveaux ici, pendant la compilation et pendant le déploiement. La compilation fait référence au fichier *buildout.cfg* de



la stack, tandis que le déploiement de la stack fait référence au fichier `instance-mariadb.cfg` (pour installer MySQL dans une partition) et `instance-boinc` (pour installer BOINC, Apache, PHP, SVN, etc dans une autre partition). Elle est générique c'est-à-dire qu'elle peut être utilisée pour l'installation ou le déploiement de plusieurs projets et applications BOINC différentes sans aucune modification supplémentaire, il suffira de lui passer les configurations appropriées.

Le software BOINC est une application exemple appelée à être modifiée pour adapter l'application BOINC qu'on souhaite installer. Il est constitué du fichier `software.cfg` qui est utilisé pendant la compilation et permet de créer un software Release BOINC contenant la stack et le composant BOINC et de télécharger le binaire et les fichiers de/des applications à installer. Le dossier contient l'objet input qui contient les données pour des applications à exécuter. Toutefois ces fichiers peuvent se situer sur un emplacement ou un serveur distant, ils seront alors téléchargés pendant la compilation. Le dossier templates contient les templates d'entrées/sorties à utiliser pour la configuration du WORKUNIT de l'application, il peut être personnalisé.

Pour le déploiement de BOINC Server, nous avons ajouté à `slapos.cookbook` deux recettes :

- La recette `slapos.cookbook :boinc` qui permet de déployer un projet BOINC vide ; elle est utilisée directement dans la stack.
- La recette `slapos.cookbook :boinc-app` qui permet de déployer une application dans une instance BOINC existante. Il est donc possible de déployer plusieurs applications pour un même projet, en appelant successivement la même recette `slapos.cookbook :boinc-app` pour les différentes applications.

Nous présentons maintenant des échantillons de fichiers de configuration de parts Buildout permettant de compiler et de déployer un projet BOINC muni de l'application exemple `upper_case`, qui met en majuscule un texte fourni. La part `boinc-application` (qui se trouve dans le fichier `software.cfg`) télécharge le binaire et collecte les paramètres du WORKUNIT qui sera créée, elle est utilisée pendant la compilation. Sa forme est la suivante :

```
1. #Download Boinc Application Binary and configure project
2. [boinc-application]
3. recipe = hexagonit.recipe.download
4. url = ${boinc:location}/libexec/examples/upper_case
5. download-only = true
6. filename = upper_case
7. #Application configuration
8. app-name = upper_case
9. version = 1.0
10. exec-extension =
12. platform = x86_64-pc-linux-gnu
13. #Work Unit: wu-name without blanc space: wu-number number of work unit
14. wu-name = simpletest
15. wu-number = 1
```

Dans cette description on remarque que nous spécifions, à la ligne 3, la recette

qui permet de télécharger le binaire spécifié via l'URL de la ligne 4. Les autres lignes concernent le type de plate-forme requis (ligne 12) et le nom du WORKUNIT (ligne 14) ainsi que le nombre de WORKUNIT (ligne 15) à affecter à l'application spécifiée à la ligne 8.

La part *boinc-app* présentée ci-dessous (et contenue dans le fichier *boinc-app.cfg*) est utilisée pendant le déploiement ; elle hérite (ligne 3) de BOINC Server contenu dans la stack et est basée sur la recette *slapos.cookbook:boinc-app* (ligne 4). Elle utilise les fichiers et paramètres définis dans le fichier *software.cfg* et plus particulièrement ceux de la part *boinc-application*. Entre les lignes 6 et 17 il ne s'agit que d'un transfert des paramètres définis dans le fichier *software.cfg*.

```
1. #Deploy a Boinc application in existing boinc server instance.
2. [boinc-app]
3. <= boinc-server
4. recipe = slapos.cookbook:boinc.app
5. binary = ${boinc-application:location}/${boinc-application:filename}
6. #app-name should be unique (for all app deployed in a boinc instance)
7. app-name = ${boinc-application:app-name}
8. version = ${boinc-application:version}
9. platform = ${boinc-application:platform}
10. extension = ${boinc-application:exec-extension}
11. dash = ${dash:location}/bin/dash
11. #templates
12. template-result = ${template_result:location}/${template_result:filename}
13. template-wu = ${template_wu:location}/${template_wu:filename}
14. #Work Unit
15. wu-name = ${boinc-application:wu-name}
16. wu-number = ${boinc-application:wu-number}
17. input-file = ${template_input:location}/${template_input:filename}
```

Il suffira de mettre plusieurs parts de ce type dans le fichier *boinc-app.cfg* pour déployer autant d'applications dans le serveur, tout en prenant soin de donner des noms différents à ces parts ainsi qu'aux options *app-name*, *wu-name*. Les paramètres de personnalisation du serveur BOINC sont passés directement pendant le déploiement de l'instance à travers les paramètres d'instance appelés *slapparameter*. Il s'agira du nom du projet, du nom de la base de données, etc.

### 3.2.2 BOINC Client

Le client représente un nœud de calcul, il sera donc possible d'utiliser Slapos pour avoir des ressources supplémentaires pour les calculs. Sur la figure 1, nous avons appelé cette partie *boinc-client*, elle est constituée d'un composant nommée « *boinc-client* » et de son application nommée aussi « *boinc-client* ». Nous avons ajouté à *slapos.cookbook* la recette *slapos.cookbook:boinc-client* qui permet de déployer une instance d'un BOINC Client. L'url et la clef du compte utilisateur crée sur le serveur BOINC doivent être fournies à l'instance à travers

les paramètres d'instance appelés `slapparameters` pour permettre la connexion entre le serveur et le client BOINC.

### 3.2.3 BOINC Manager

Nous n'avons pas intégré cette application à SlapOS car étant entièrement graphique elle doit être installée sur un ordinateur personnel, c'est une application de bureau.

## 3.3 Vers un nouveau mécanisme de confinement d'exécution dans SlapOS

### 3.3.1 Utilisation du MAC (Mandatory Access Control)

Le MAC est une forme de contrôle d'accès différent du traditionnel DAC (Discretionary Access Control). Dans les systèmes DAC, les permissions sur les objets sont laissées à la discrétion du possesseur. La philosophie du MAC est d'appliquer une politique de sécurité sur un système à laquelle même le super utilisateur (`root`) doit se plier. La base d'une politique MAC est le Type Enforcement (TE) [8]. Dans le TE, les objets du système sont « typés » et on définit les interactions permises entre ces différents types. Au dessus du TE, il est possible d'implémenter des modèles de politiques de sécurité type MLS (MultiLevel Security)[9]. En pratique, le TE délimite les interactions systèmes potentielles d'un programme (même si il s'exécute sous l'identité du super utilisateur). Nous allons utiliser SELinux [25] qui propose une implémentation du TE intégrée au noyau Linux.

### 3.3.2 SELinux

SELinux est une implémentation de TE basée sur l'architecture FLASK [20]. Les entités du système sont décomposées en sujets et objets. Les sujets sont les entités « actives » (par exemple les processus). Les objets sont les entités « passives » (par exemple les fichiers). Toutes ces entités se voient attribuées un label. Une politique de sécurité définit les interactions permises entre un label de type sujet et un autre de type objet. La granularité de ces interactions est au niveau de l'appel système (lecture, écriture, exécution, transition). Une politique peut être appliquée en mode « targeted », c'est à dire sur certains services seulement (essentiellement ceux exposés sur le réseau) ou « strict », c'est à dire sur tous les services.

### 3.3.3 Pourquoi SELinux ?

SlapOS propose de déployer des services à l'intérieur de partitions. Du point de vue de la sécurité, une partition est composée d'un ou plusieurs processus et des fichiers associés (configuration, bibliothèques, logs etc.). Le tout est déployé dans un répertoire particulier du système. Le problème est qu'une intrusion sur une partition (suite par exemple à une faille sur un service, un mot de passe

faible ou une erreur de configuration) suivie d'une escalade de privilèges compromet toutes les partitions du système (une fois les privilèges administrateur obtenus, toutes les partitions de la machines physique sont accessibles). Ce type de faille n'est pas propre à SlapOS mais à tous les systèmes basés sur le DAC [18]. Les systèmes de Cloud traditionnels contournent le problème en ajoutant une couche de virtualisation qui (entre autre chose) fait office de mécanisme de confinement. Cependant cette couche supplémentaire augmente la surface d'attaque du système. GrSEC est un autre outil de contrôle d'accès mandataire comparable à SELinux mais SELinux est intégré au noyau Linux et il est plus « supporté » que GrSEC. Nos avons donc choisi de travailler avec SELinux.

### 3.3.4 Intégration de SELinux dans SlapOS

L'idée est d'utiliser SELinux pour :

- limiter les interactions des partitions avec le système de base ;
- Interdire les interactions entre partitions.

L'expérimentation pourra se faire en deux temps. Une première phase serait de faire tourner SELinux en mode « targeted » sur les partitions. Chaque partition opère avec une identité dédiée et exécute des binaires situés sur le système de base. Prenons comme exemple une partition ayant le rôle de serveur et tournant sous l'identité web01, une politique générale pourrait être :

- web01 peut exécuter le binaire httpd ;
- web01 peut lire sa configuration ainsi que les pages qu'il doit servir dans la partition dédiée (objets de type fichiers situés dans le répertoire de la partition) ;
- web01 peut écrire ses logs dans la partition.

Toutes les autres interactions sont interdites pour les processus tournant sous l'identité web01. L'étape suivante est de passer la politique en mode « strict » pour protéger non plus seulement les services déployés par SlapOS mais le service de déploiement lui même. En conclusion, la démarche expérimentale est donc :

1. Intégrer la phase de labellisation du système de fichier lors de l'instanciation du disque local pour les partitions SlapOS ;
2. Faire une politique en mode « targeted » pour un service déployé ;
3. Automatiser le déploiement des politiques lors de l'instanciation du service dans une partition SlapOS ;
4. Créer une politique pour le système SlapOS lui même ;
5. Automatiser l'installation de cet politique au déploiement de SlapOS ;
6. Passer SELinux en mode strict.

## 4 Conclusion

Dans cet article nous avons montré comment « cloudifier » l'application BO-INC dans le cloud SlapOS. Les concepts clés permettant l'intégration sont les notions de partitions, de stack, de recette. Bien que conçus initialement pour

un usage pour les applications Web, ils sont suffisamment généraux pour autoriser l'intégration de BOINC à un coût de développement relativement bas. Il s'agit avant tout d'identifier des tournures d'esprit permettant d'intégrer des composants logiciels communicants.

Le nombre de lignes à écrire pour l'intégration est de l'ordre de 200 et toutes les démarches préopératoires (déclaration de projets, définition d'un utilisateur...) et postopératoires (re-compilation, déploiement) sont inchangées par rapport à une application Web.

Pour le futur, nous prévoyons un test d'interopérabilité, par exemple en prenant des clients dans Azure. Le modèle de déploiement de SlapOS, où nous pouvons déployer nos propres OS pour le cloud facilite cette tâche. Enfin, des décisions concernant le couplage des politiques SELinux doivent être prises à partir des pistes que nous avons isolées dans cet article.

L'objectif général de ce travail est d'offrir des services Desktop Grid à la demande, sur tous les appareils, sans discernement, c'est à dire sur les smartphones, tablettes et ordinateurs de bureau. En outre, le service devrait pouvoir être déployé par un non informaticien « en un seul clic » et la gestion du système ne devrait pas être limitée aux administrateurs système, mais largement ouverte. Il s'agit, de notre point de vue, de conditions nécessaires pour que les grilles de PC puissent survivre dans les nouveaux environnements logiciels du Web et soient réellement ouverts, accessibles au plus grand nombre de chercheurs et d'ingénieurs et non plus réservés à une communauté d'une dizaine de projets les utilisant.

## Références

- [1] *Proceedings of the 3rd IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference, APSCC 2008, Yilan, Taiwan, 9-12 December 2008*. IEEE, 2008.
- [2] *23rd IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing, IPDPS 2009, Rome, Italy, May 23-29, 2009*. IEEE, 2009.
- [3] Heithem Abbes, Christophe Cérin, and Mohamed Jemni. Bonjourgrid as a decentralised job scheduler. In *APSCC* [1], pages 89–94.
- [4] Heithem Abbes, Christophe Cérin, and Mohamed Jemni. Bonjourgrid : Orchestration of multi-instances of grid middlewares on institutional desktop grids. In *IPDPS* [2], pages 1–8.
- [5] Heithem Abbes, Christophe Cérin, and Mohamed Jemni. A decentralized and fault-tolerant desktop grid system for distributed applications. *Concurrency and Computation : Practice and Experience*, 22(3) :261–277, 2010.
- [6] Heithem Abbes and Jean-Christophe Dubacq. Analysis of peer-to-peer protocols performance for establishing a decentralized desktop grid middleware. In César et al. [14], pages 235–246.
- [7] David P. Anderson. Boinc : A system for public-resource computing and storage. In Buyya [11], pages 4–10.

- [8] L. Badger, D.F. Sterne, D.L. Sherman, K.M. Walker, and S.A. Haghghat. Practical domain and type enforcement for unix. In *Security and Privacy, 1995. Proceedings., 1995 IEEE Symposium on*, pages 66–77. IEEE, 1995.
- [9] D.E. Bell and L.J. LaPadula. Secure computer systems : Mathematical foundations. Technical report, DTIC Document, 1973.
- [10] K.J. Biba. Integrity considerations for secure computer systems. Technical report, DTIC Document, 1977.
- [11] Rajkumar Buyya, editor. *5th International Workshop on Grid Computing (GRID 2004), 8 November 2004, Pittsburgh, PA, USA, Proceedings*. IEEE Computer Society, 2004.
- [12] Christophe Cérin, Romain Courteaud, and Yingjie Xu. Practical Solutions for Resilience in SlapOS. In *4th International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom 2012)*, Taipei, Taiwan, 2012. IEEE Computer Society. 8 pages.
- [13] Christophe Cérin and Gilles Fedak. *Desktop Grid Computing*. Chapman & Hall/CRC Numerical Analysis and Scientific Computing Series, 2012.
- [14] Eduardo César, Michael Alexander, Achim Streit, Jesper Larsson Träff, Christophe Cérin, Andreas Knüpfer, Dieter Kranzlmüller, and Shantenu Jha, editors. *Euro-Par 2008 Workshops - Parallel Processing, VHPC 2008, UNICORE 2008, HPPC 2008, SGS 2008, PROPER 2008, ROIA 2008, and DPA 2008, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, August 25-26, 2008, Revised Selected Papers*, volume 5415 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2009.
- [15] DistributedNet. Distributed.Net . <http://www.distributed.net/> (October 2011).
- [16] Hans-Arno Jacobsen, Yang Wang, and Patrick Hung, editors. *IEEE International Conference on Services Computing, SCC 2011, Washington, DC, USA, 4-9 July, 2011*. IEEE, 2011.
- [17] Philippe Latu. *Virtualisation système et enseignement*. InetDoc, 2012.
- [18] P.A. Loscocco, S.D. Smalley, P.A. Muckelbauer, R.C. Taylor, S.J. Turner, and J.F. Farrell. The inevitability of failure : The flawed assumption of security in modern computing environments. In *Proceedings of the 21st National Information Systems Security Conference*, volume 10, pages 303–314, 1998.
- [19] Eric Nelson. *The Windows Azure Platform : Articles from the Trenches*, volume 1. O’Reilly Media, Inc, 2010.
- [20] NSA Peter Loscocco. Integrating flexible support for security policies into the linux operating system. In *Proceedings of the FREENIX Track : 2001 USENIX Annual Technical Conference, June 25-30, 2001, Boston, Massachusetts, USA*, page 29. USENIX Association, 2001.
- [21] Timothy Grance Peter Mell. *The NIST Definition of Cloud Computing*. NSIT : National Institute of Standards and Technology, 2009.

- [22] IBM Global Services. *IBM Smart Business Desktop*. IBM Corporation, 2009.
- [23] Charles Severance. *Using Google App Engine*. O'Reilly Media, Inc, 2009.
- [24] SlapOS-Team. Introducing slapos architecture. <http://community.slapos.org/wiki/osoe-Lecture.SlapOS.Extended/developer-Introducing.SlapOS.Architecture/> (July 2011).
- [25] S. Smalley, C. Vance, and W. Salamon. Implementing selinux as a linux security module. *NAI Labs Report*, 1 :43, 2001.
- [26] Jean-Paul Smets-Solanes, Christophe Cérin, and Romain Courteaud. Slapos : A multi-purpose distributed cloud operating system based on an erp billing model. In Jacobsen et al. [16], pages 765–766.
- [27] Expert Python Programming Tarek Ziad. *Learn best practices to designing, coding, and distributing your Python software*. Packt Publishing, 2008.
- [28] Univa. United Devices . <http://www.unicluster.org/> (October 2011).
- [29] Univa. XtremWeb . <http://www.xtremweb.net/> (October 2011).
- [30] University of California. BOINC . <http://boinc.berkeley.edu/> (October 2011).
- [31] University of California. SETI@Home . <http://setiathome.berkeley.edu/> (October 2011).