

Instance nationale et multi-communauté de DIRAC pour France Grilles

Luisa Arrabito (1), David Bouvet (2), Yonny Cardenas (3), Nicolas Clémentin (4), Hélène Cordier (5), Sophie Gallina (6) Jacques Garnier (7), Pierre Gay (8), Tristan Glatard (9), Vanessa Hamar (10), Claudia Lavalley (11), Gilles Mathieu (12), Sorina Camarasu-Pop (13), Matvey Sapunov (14), Rafael Ferreira da Silva (15), Andrei Tsaregorodtsev (16)

(1) arrabito@in2p3.fr, (4) nicolas.clementin@univ-montp2.fr, (11) claudia.lavalley@in2p3.fr, Laboratoire Univers et Particules, CNRS/IN2P3, Université de Montpellier II

(2) dbouvet@in2p3.fr, (3) cardenas@cc.in2p3.fr, (5) helene.cordier@in2p3.fr, (7) jacques.garnier@cc.in2p3.fr, (10) hamar@cc.in2p3.fr, (12) gilles.mathieu@in2p3.fr, Centre de Calcul, CNRS/IN2P3, Villeurbanne

(6) sophie.gallina@univ-lille1.fr, Laboratoire de Génétique et Evolution des Populations Végétales (GEPV), CNRS, Université de Lille 1

(8) pierre.gay@u-bordeaux1.fr, Mésocentre de Calcul Intensif Aquitain (MCIA), Université de Bordeaux 1

(9) tristan.glatard@creatis.insa-lyon.fr, (13) sorina.pop@creatis.insa-lyon.fr, (15) rafael.silva@creatis.insa-lyon.fr, Université de Lyon, CREATIS, CNRS, Inserm, INSA-Lyon, Université Lyon 1

(14) sapunov@cppm.in2p3.fr, (16) atsareg@in2p3.fr, Centre de Physique des Particules de Marseille (CPPM) ; CNRS/IN2P3, Université de la Méditerranée

Overview

DIRAC [DIRAC] [TSA-08] is a software framework for building distributed computing systems. It was primarily designed for the needs of the LHCb [LHCb] Collaboration, and is now used by many other communities within EGI [EGI] as a primary way of accessing grid resources. In France, dedicated instances of the service have been deployed in different locations to answer specific needs. Building upon this existing expertise, France Grilles [FG] initiated last year a project to deploy a national, multi-community instance in order to share expertise and provide a consistent high-quality service. After describing DIRAC main aims and functionalities, this paper presents the motivations for such a project, as well as the whole organizational and technical process that led to the establishment of a production instance that already serves 13 communities: astro.vo.eu-egee.org, biomed, esr, euasia, gilda, glast.org, prod.vo.eu-eela.eu, superbvo.org, vo.formation.idgrilles.fr, vo.france-asia.org, vo.france-grilles.fr, vo.msfg.fr and vo.mcia.fr.

Enjeux scientifiques et opérationnels

L'une des missions principales de France Grilles est de faciliter l'accès aux ressources à ses communautés d'utilisateurs, en favorisant l'utilisation de services répondant à ce besoin et en participant à leur mise en place. Pour certains outils déjà largement utilisés, France Grilles peut jouer un rôle fédérateur : c'est le cas pour le service DIRAC [DIRAC] [TSA-08] : DIRAC est une solution complète permettant à une communauté d'utilisateurs d'accéder à des ressources distribuées de façon optimisée, transparente et fiable. Issu de la communauté de la physique des hautes énergies (HEP), cet outil s'adresse néanmoins aux utilisateurs de toutes les disciplines scientifiques. Le gain apporté par l'utilisation sur des grandes VO de systèmes par tâches pilotes tel que DIRAC par rapport aux mécanismes de soumission classique tel que gLite WMS a été montré à maintes reprises, par exemple dans [MOS-11].

Les ressources accessibles via DIRAC ne sont pas limitées à un intergiciel particulier : en plus de gLite [GLITE], des ressources disponibles via ARC [ARC] ou UNICORE [UNI] seront à terme accessibles. DIRAC est aussi conçu pour pouvoir accéder à des ressources non grilles, comme des grappes locales (cela a été par exemple fait pour le KEK computing center au Japon ou le IHEP computing center en Chine) ou des ressources Cloud, notamment celles disponibles sur le cloud académique de France-Grilles : les problèmes spécifiques de réservation des ressources de type cloud en fonction de disponibilité de travaux des utilisateurs sont adressés par l'ordonnanceur des machines virtuelles de DIRAC [GRA-11] [MEN-12]. Ce composant permet d'inclure différents types de clouds de façon transparente dans l'ensemble des éléments de calcul gérés par DIRAC.

Comme évoqué précédemment, DIRAC est déjà largement utilisé par différents partenaires de France Grilles, dans différents contextes. Les cas exposés ci-dessous présentent des exemples de cette utilisation, ainsi que de l'intérêt de l'outil. Le Laboratoire Univers et Particules de Montpellier (LUPM) est impliqué d'une part dans le soutien aux expériences d'astroparticules représentées au laboratoire et d'autre part dans l'administration du site grille MSFG-OPEN. En particulier, les expériences CTA (Cherenkov Telescope Array) [ACT-11] et Fermi [ATW-09] ont des besoins de calcul importants dans le cadre des simulations Monte-Carlo, ayant pour objectif de déterminer les performances des expériences en fonction des conditions expérimentales. Dans ce contexte, il s'est avéré nécessaire de disposer d'un service comme DIRAC permettant l'optimisation de l'utilisation des ressources, la gestion des campagnes de simulations et un accès aux ressources simplifié pour les utilisateurs finaux. L'évaluation de DIRAC a démarré en avril 2011 dans le cadre des simulations Monte-Carlo de CTA. Une campagne de simulation consiste typiquement en 150 000 tâches produisant environ 200 TB. Les données produites sont mises à disposition des utilisateurs au travers des modules DIRAC intégrant les codes d'analyse de CTA. Dans l'expérience Fermi un système de production (Pipeline) gère de manière centralisée le traitement de données réelles et les simulations Monte-Carlo. Ce système ayant été initialement conçu pour fonctionner sur des fermes de calcul dédiées au SLAC National Accelerator Laboratory (Stanford, Etats-Unis), il a été étendu et est opérationnel depuis quelques années sur la ferme du Centre de Calcul de l'IN2P3. Les besoins pressants de calcul liés au "reprocessing" de données ont poussé récemment la collaboration à explorer la possibilité d'étendre ce système à l'utilisation des grilles de calcul, et en particulier

de EGI. Dans ce contexte, l'utilisation de DIRAC pour assurer l'optimisation de la production a été rapidement envisagée. L'interfaçage des services DIRAC et le système initial de Pipeline est actuellement en cours, en particulier pour assurer le transfert des données et de métadonnées permettant la mise à jour en temps réel des catalogues centralisés. Les calculs des simulations Monte-Carlo seront ainsi très probablement transférés sur EGI, avec typiquement entre 4 et 5 productions par an, représentant un nombre total de quelques dizaines de milliers de tâches chacune. Enfin le LUPM dispose également d'une Organisation Virtuelle (VO) locale, vo.msfg.fr. Elle est destinée aux utilisateurs locaux de la grille, qu'ils soient nouveaux entrants ou utilisateurs n'appartenant à aucune VO officielle. Le fait de disposer d'une VO locale donne une grande souplesse d'utilisation des infrastructures, car l'administrateur du site gère également la VO et peut ainsi faciliter l'accès aux ressources ainsi que la résolution d'éventuelles difficultés de configuration. Dans ce contexte, DIRAC facilite grandement la soumission de tâches grâce à son API de haut niveau.

Le site M3PEC (Bordeaux) s'est aussi doté d'une VO locale (vo.mcia.fr) afin de promouvoir l'utilisation de la grille EGI dans le périmètre aquitain. Cette VO est destinée à accueillir des utilisateurs en phase de test ou de portage de leurs applications. DIRAC s'est imposé pour faciliter l'accès aux utilisateurs de cette VO avec la mise en place d'une instance locale. Le laboratoire CREATIS administre une instance DIRAC déployée sur la VO biomed. Cette instance est dédiée aux tâches générées par la plate-forme « Virtual Imaging Platform » (VIP) [VIP] [ISBI-12] dédiée à la simulation médicale. Comme dans de nombreux autres domaines, la simulation numérique révolutionne l'étude des processus médicaux tels que l'acquisition et le traitement d'images médicales, ou le planning de radiothérapie. Des exemples de résultats produits avec VIP concernent la simulation du planning de radio-/protonthérapie [GRE-11] et la simulation réaliste d'images [ALE-12]. Vu le volume de calcul nécessaire, disposer de ressources de calcul en quantités suffisante est critique pour la réalisation de ces simulations. Par exemple, la simulation d'un planning de protonthérapie pour le cancer de la prostate peut demander 2 mois de temps CPU. En production depuis fin 2010, 236 utilisateurs de 27 pays sont désormais enregistrés dans VIP. Environ 680 000 tâches ont été soumises via DIRAC entre janvier 2011 et avril 2012. D'après les statistiques collectées par EGI [ACC], la plate-forme VIP représente environ 10% du temps CPU consommé par la VO biomed sur cette période. Deux services ont été développés spécifiquement en plus de ceux offerts par DIRAC : un service de comptage d'évènements simulés par le logiciel GATE et un service permettant d'obtenir l'état détaillé des tâches de la plate-forme. Dans le cadre du projet GISELA [GIS], l'application de bio-informatique MyLims [MYLI] permet aux utilisateurs de soumettre des tâches avec un portail web installé à l'Université "Del Valle" (UNIVALLE) en Colombie. La soumission est réalisée en deux phases : une soumission locale, nécessaire pour des questions de licences liées au logiciel Moloc, et une soumission grille pour les calculs via le logiciel Gaussian [GAUSS]. Les utilisateurs ont besoin d'un même portail web de soumission pour ces deux phases. Pour réaliser ces calculs de manière transparente, un agent a été ajouté dans le WMS de DIRAC. Il contacte le serveur de MyLims et génère automatiquement les tâches d'utilisateurs de DIRAC en fonction du nombre de tâches en attente. Les résultats sont envoyés directement au serveur [TSA-12].

Pour tous ces cas d'utilisation, une même expertise du service est nécessaire pour assurer le fonctionnement optimal du système : la configuration, l'administration et l'opération fiable d'un ensemble de services DIRAC sont des tâches qui gagnent à être partagées avec une communauté d'experts. Le projet FG-DIRAC vise à mettre en place une instance nationale du service DIRAC en production, ouverte à plusieurs communautés, et gérée comme un service de l'infrastructure de grille nationale France Grilles. Cela répond à plusieurs objectifs :

- Optimiser les performances et l'utilisation des ressources DIRAC ;
- Permettre aux petites communautés de bénéficier d'une instance de production ;
- Faciliter l'accès à la grille pour les nouvelles communautés ;
- Coordonner le support et la formation autour de DIRAC ;
- Construire et développer une communauté d'experts DIRAC ;
- Fournir un retour d'expérience aux développeurs DIRAC ;
- Mutualiser les efforts et les ressources déjà fournis.

Dans le cas de la VO vo.mcia.fr, la participation à l'instance nationale France Grilles a aussi pour but de proposer aux utilisateurs de cette VO un environnement homogène entre la phase de mise au point de leurs applications et le passage en production vers une VO autorisant l'accès à plus de ressources (que ce soit une VO thématique telle que biomed ou la VO nationale vo.france-grilles.fr).

Du point de vue de CREATIS, l'utilisation d'une instance DIRAC partagée entre partenaires de France-Grilles devrait par ailleurs permettre de réduire significativement la charge de maintenance et d'administration actuellement nécessaire à CREATIS pour le support de VIP.

Développements, utilisation des infrastructures

Les serveurs FG-DIRAC sont déployés sur un cluster VMWARE au CC-IN2P3. La distribution logique des services dans les serveurs est la suivante :

- ccdirc01 : Master Configuration Server, management de la Sécurité.
- ccdirc02 : Workload Management System
- ccdirc03 : Data Management System

- ccdirac04 : DIRAC Storage Element
- ccdirac05 : portail Web alias -> dirac.france-grilles.fr

L'architecture matérielle est composée de 2 ESXi (8 cores/72GB) qui font tourner l'ensemble des machines dans un cluster vmWare avec Distributed Resource Scheduler (DRS) [DRS], HA (High Availability) [HA] et stockage NFS (Network File System). Cette configuration permettra de gérer jusqu'à 10 000 tâches grille simultanées. La capacité du système peut être facilement augmentée grâce à l'architecture modulaire de l'intergiciel DIRAC. Cela permet de déployer les différents services ou même plusieurs instances d'un service sur plusieurs serveurs distribués pour répondre à une charge élevée du système. Des tests stressant le système d'ordonnancement des tâches de DIRAC ont montré qu'une configuration telle que celle de FG-DIRAC est capable de gérer jusqu'à 1 million de tâches par jour. Dans le cas de l'installation FG-DIRAC, par exemple, certains services sont déployés ailleurs qu'au CC-IN2P3 : au CPPM, Marseille et à CREATIS, Lyon, ce qui ajoute de la redondance et augmente la fiabilité générale du système.

L'ouverture de l'instance FG-DIRAC à différentes communautés est prévue de manière progressive, sur la base des communautés utilisant déjà le service ou disposant d'une expertise et d'un support dans la gestion du service. A l'heure actuelle, les Organisations Virtuelles configurées sur le système sont pour la plupart multidisciplinaires (vo.france-grilles.fr, vo.msfg.fr, vo.mcia.fr, euasia.euasiagrid.org, prod.vo.eu-eela.eu, vo.france-asia.org) ou dédiées à la formation (vo.formation.idgrilles.fr, gilda). Mais le service est également ouvert à des communautés pilotes dans le domaine des sciences de la vie (biomed), de l'astrophysique (glast.org et astro.vo.eu-egee.org), des sciences de la terre (esr) et de la physique des hautes énergies (superbvo.org).

Outils, organisation et difficultés rencontrées

Pour répondre aux objectifs présentés plus haut, le projet FG-DIRAC a été initié comme un partenariat entre France Grilles et plusieurs laboratoires, comme décrit sur la figure 1. La mise en place de l'instance nationale FG-DIRAC a été prévue en trois phases, comme décrit dans le tableau 1.

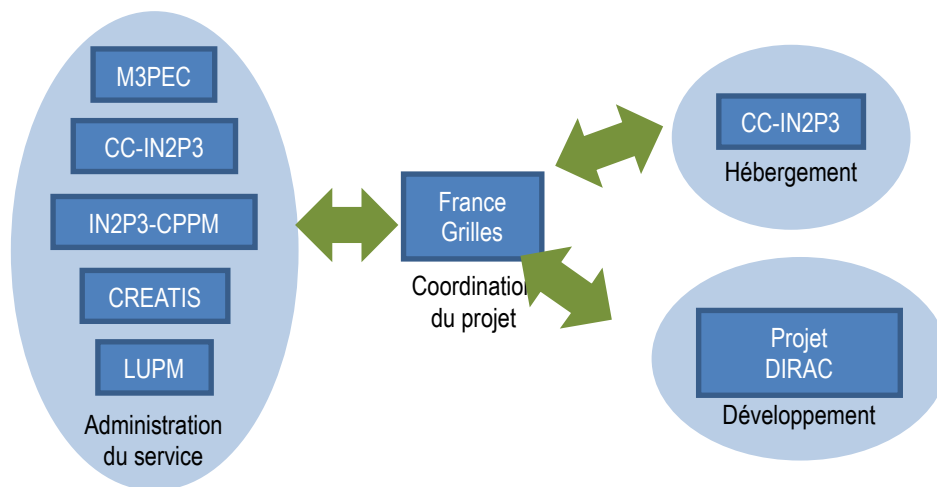


Fig. 1. Organisation du projet FG-DIRAC

L'équipe d'administration étant répartie sur 5 sites, la surveillance s'effectue en rotations hebdomadaires. La synchronisation entre les équipes est assurée au moyen d'une liste de diffusion ainsi que d'une section dédiée dans le wiki des opérations France Grilles [FGOP] qui regroupe l'ensemble de la documentation nécessaire aux tâches de surveillance.

Il est prévu de formaliser la collaboration entre France Grilles et les laboratoires impliqués par le biais d'accords, rédigés sous forme de *Memorandum of Understanding* (MoU), précisant l'implication de chaque entité ainsi que les objectifs communs à atteindre. La rédaction d'un tel accord pour l'hébergement de la plateforme est en cours.

La mise en place technique de l'instance nationale s'étant faite sans difficulté particulière, les principales difficultés rencontrées sont d'ordre organisationnel : en particulier, la rédaction d'un accord d'hébergement n'est toujours pas achevée à la date d'écriture. Cela est en partie dû aux différentes conditions à préciser, aux accords précis sur la qualité de service, ainsi qu'aux modalités et contreparties éventuelles.

Bien que ce service soit officiellement au catalogue de France Grilles, ce travail de formalisation reste à terminer pour pouvoir afficher publiquement le niveau de qualité de service nécessaire.

Phase	Dates prévisionnelles	Objectifs
0. Préliminaire	Septembre - Janvier 2012	1. Accords initiaux sur le lancement du projet 2. Accord initial sur l'hébergement de la plateforme 3. Recensement et regroupement des partenaires 4. Définition des communautés d'utilisateurs "pilotes" 5. Installation initiale de la plateforme 6. Ouverture de l'instance aux communautés pilotes
1. Lancement	Février 2012 - Avril 2012	1. Structuration de la communauté d'administrateurs 2. Mise en place des outils collaboratifs nécessaires à la communauté d'administrateurs (forum DIRAC, wiki France-Grilles) et au support des utilisateurs 3. Mise en place et signature d'accords (MoU) pour l'hébergement, l'administration et le support 4. Définition de la feuille de route pour la phase 2
2. Production	A partir de Mai 2012	1. Opération pérenne en production 2. Accroissement de la visibilité de DIRAC au sein de la communauté France Grilles 3. Extension de la communauté d'utilisateurs

Tableau 1. Phases du projet de mise en place de l'instance nationale FG-DIRAC

Résultats scientifiques et opérationnels

L'infrastructure FG-DIRAC est en production depuis mai 2012. Les premiers résultats scientifiques concernent l'utilisation qui en a été faite par le GEPV (Laboratoire de Génétique & Évolution des Populations végétales), qui utilise l'infrastructure FG-DIRAC pour des 2 thématiques nécessitant de nombreuses simulations et analyses de données :

- 1) Étudier l'effet du système de reproduction sur la viabilité des populations à partir d'un modèle individu-centré, génétiquement et démographiquement explicite [ABU-12].
- 2) Étudier l'efficacité d'une méthode d'analyse Bayésienne pour déterminer la structure hiérarchique de populations à partir du génotype moléculaire des individus [PAU-12].

Les besoins pour ces 2 études concernent principalement des calculs paramétriques, nécessitent un grand nombre de jobs afin d'une part d'explorer une large gamme de paramètres et d'autre part de réaliser des réplicas indispensables pour des approches stochastiques.

Les quantités de données utilisées et générées sont faibles. Dans ce contexte, l'utilisation de DIRAC nous a permis de réaliser ces analyses très rapidement, et avec un très faible investissement en temps pour développer pour des scripts perl de soumission de job et récupération de résultats.

D'un point de vue opérationnel, les figures suivantes montrent quelques statistiques d'utilisation générale.

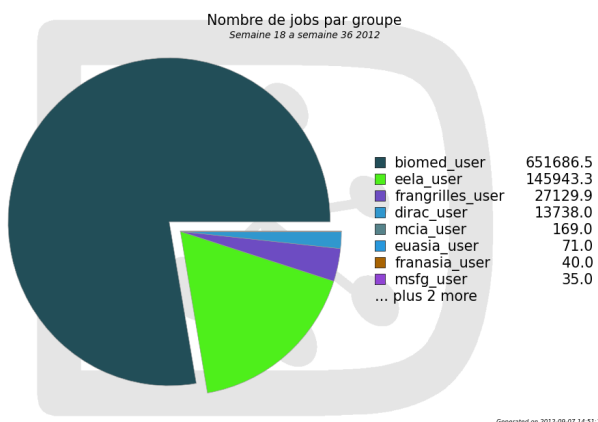


Fig.2. Nombre total de tâches par groupe

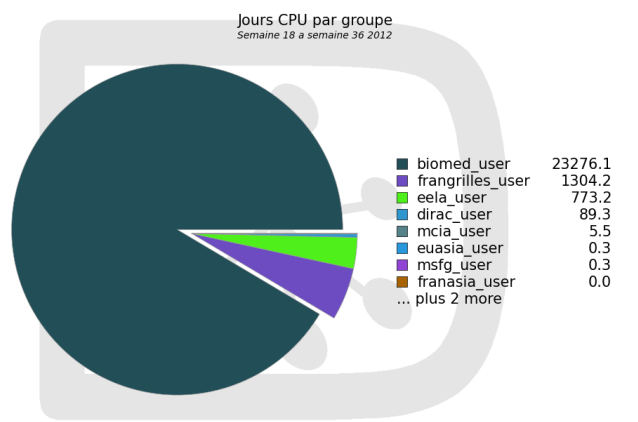


Fig.3. Jours de CPU par groupe

Plus de 800 000 jobs utilisateurs ont été envoyés entre le 1^{er} mai et le 5 septembre 2012 par environ 25 utilisateurs de 10 VOs. La VO biomed et la VO globale de production prod.vo.eu-eela.eu utilisée sur l'infrastructure sud-américaine GISELA [GIS] ayant été les utilisateurs les plus gros utilisateurs. La figure 2 montre la distribution des jobs par groupe DIRAC et le principal utilisateur est un utilisateur de la VO biomed, avec 78% du nombre total de jobs. La figure 3 compare le nombre de jours de CPU utilisés par les groupes DIRAC, et en cohérence avec la figure 2, la plupart des ressources sont utilisées par le groupe biomed_user avec 93.1%. La figure 4 montre le nombre total de tâches exécutées par site entre les semaines 18 et 36 en 2012 et met en évidence que le site irlandais csTCDie qui supporte les deux VOs est le plus gros contributeur sur la période considérée. La figure 5 présente un exemple du nombre de jobs en exécution par site pour les semaines 26 à 36 en 2012.

Le taux d'échecs observé est environ de 7% dont la majorité sont les échecs des applications dus aux erreurs dans la préparation des tâches par les utilisateurs. Le taux d'échecs lié à un dysfonctionnement du système FG-DIRAC est estimé à moins de 3%.

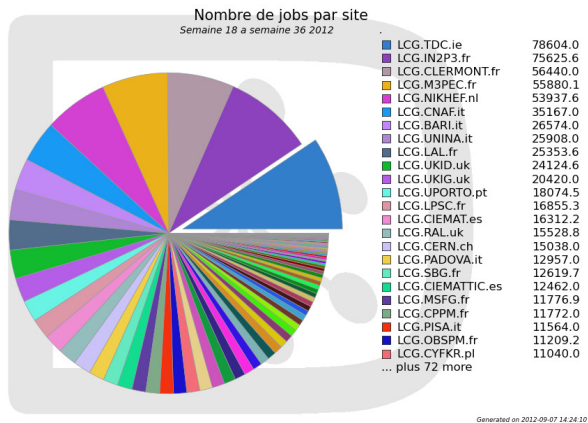


Fig.4. Nombre total de tâches par site

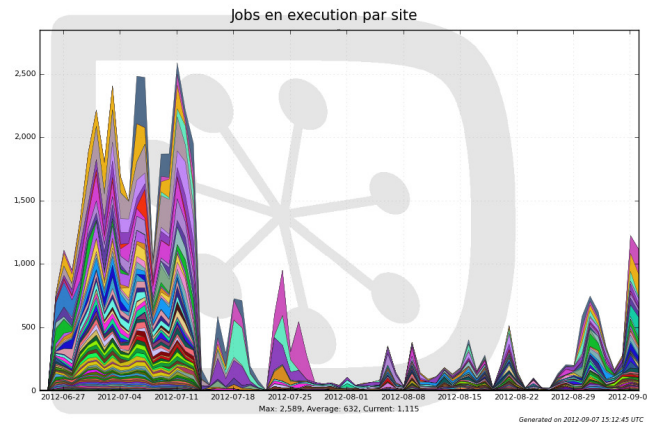


Fig.5. Nombre de tâches par site en fonction du temps

Ces premiers résultats opérationnels sont complétés par une action de communication, formation et dissémination menée par France Grilles sur l'instance FG-DIRAC mais également sur l'outil DIRAC lui-même.

Perspectives

D'un point de vue opérationnel, le gain apporté par la mise en place de FG-DIRAC, sans être pleinement évalué, est déjà visible. La collaboration initiée à travers le projet et notamment la mise en place de rotations pour la surveillance et l'administration du système permet déjà la mutualisation de l'effort et le partage d'expertise évoqués en objectifs. Et s'il est prévu que l'utilisation de l'instance FG-DIRAC soit de plus en plus intensive, l'accroissement de l'effort nécessaire pour délivrer le service devrait rester minimal.

Au sein de la communauté biomed, l'instance nationale DIRAC n'est pour l'instant utilisée que par quelques utilisateurs. Une montée en charge progressive est envisagée, en connectant d'abord les utilisateurs DIRAC existant (CREATIS, I3S), puis en encourageant les nouveaux utilisateurs à utiliser cette instance. L'intérêt principal pour la VO est (i) d'offrir un service de soumission de tâches fiable et performant pour les nouveaux utilisateurs, et (ii) de progressivement harmoniser les mécanismes de soumission de tâches, pour permettre un meilleur contrôle.

L'ouverture à l'international d'une instance DIRAC fait également partie des perspectives à moyen terme de France-Grilles. Nous pouvons d'ores et déjà mentionner que c'est déjà en partie le cas par le biais des communautés GISELA et France-Asia supportées dans l'instance FG-DIRAC :

Dans le cadre de GISELA, les ressources de calcul sont directement accessibles via les portails DIRAC de 3 sites latino-américains en plus de celui de France-Grilles. De plus, les services DIRAC, fournis dans le cadre de la grille latino-américaine depuis 2009, sont en cours d'intégration à l'instance FG-DIRAC ; certains d'entre-eux, comme les services auxiliaires de Configuration, sont maintenus sur les sites de GISELA pour assurer la redondance nécessaire.

Quant à la communauté Asie-Pacifique, les ressources de calcul de cette région sont progressivement ajoutées dans la configuration du projet FG-DIRAC. Toutefois, les utilisateurs de la région Asie-Pacifique ont déjà accès au portail DIRAC de France-Grilles à travers la VO France-Asia.

Les grilles volontaires construites sur la base de la technologie BOINC [BOINC] représentent autre type des ressources potentielles. DIRAC offre le support pour la construction des grilles de ce type. Les grilles basées sur le logiciel des projets de International Desktop Grid Federation (IDGF) [IDGF] peuvent être aussi utilisés.

Au-delà de cette montée en charge prévue au niveau des communautés pilotes, il s'agit de faire de FG-DIRAC un produit phare du catalogue de services de France Grilles, en le proposant de manière plus large avec une même qualité de service

et de support. DIRAC est en effet un produit qui facilite grandement l'accès à la grille, et c'est là l'une des missions fondamentales de France Grilles. Par ailleurs, la mise en place de FG-DIRAC comme collaboration entre différents partenaires dans le cadre de France Grilles est un excellent précédent, et il est attendu que d'autres services bénéficient de l'expérience acquise via ce projet d'envergure.

Références

- [DIRAC] Projet DIRAC : <http://diracgrid.org>
- [TSA-08] A. Tsaregorodtsev et al. "DIRAC : a community Grid Solution" in *J. Phys.: Conf. Ser.* 119 062048, 2008
- [MOS-11] J.T. Mościcki : "Understanding and mastering dynamics in computing grids: processing moldable tasks with user-level overlay" (2011), p. viii, 178
- [GRA-11] R. Graciani Diaz, A. Casajus Ramo, A. Carmona Agüero, T. Fifield, M. Sevir : "Belle-DIRAC Setup for Using Amazon Elastic Compute Cloud" In *Journal of Grid Computing Volume 9 Issue 1, March 2011 Pages 65-79*
- [MEN-12] V. Mendez, V. Fernandez, "The Integration of CloudStack and OpenNebula with DIRAC", in *Proceedings of the CHEP'2012 International Conference, New-York, May 2012*
- [LHCb] Collaboration LHCb : <http://lhcb.web.cern.ch/lhcb/>
- [EGI] European Grid Initiative (EGI) : <http://www.egi.eu>
- [FG] Groupement d'Intérêt Scientifique France Grilles : <http://www.france-grilles.fr>
- [GLITE] Intergiciel gLite : <http://glite.cern.ch/>
- [ARC] Intergiciel ARC : <http://www.nordugrid.org/arc/>
- [UNI] Intergiciel UNICORE : <http://www.unicore.eu/>
- [CTA] Cherenkov Telescope Array (CTA) project : <http://www.mpi-hd.mpg.de/hfm/CTA/>
- [ACT-11] The CTA Consortium, M. Actis, et al., "Design Concepts for the Cherenkov Telescope Array CTA: an Advanced Facility for Ground-Based High-Energy Gamma-Ray Astronomy", *Experimental Astronomy*, 32, 193-316 (2011).
- [VIP] Plateforme VIP : <http://vip.creatis.insa-lyon.fr>
- [ISBI-12] T. Glatard, A. Marion, H. Benoit-Cattin, S. Camarasu-Pop, P. Clarysse, R. Ferreira da Silva, G. Forestier, B. Gibaud, C. Lartizien, H. Liebgott, et al., "Multi-modality image simulation with the virtual imaging platform: Illustration on cardiac MRI and echography", *IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI), Barcelona, Spain, 2012.*
- [ACC] Portail d'accounting EGI : <http://accounting.egi.eu>
- [GRE-11] L. Grevillot, D. Bertrand, F. Dessy, N. Freud, and D. Sarrut. "A Monte Carlo pencil beam scanning model for proton treatment plan simulation using GATE/GEANT4." *Physics in Medicine and Biology*, 56(16):5203-5219, 2011
- [ALE-12] M. Alessandrini, H. Liebgott, D. Friboulet, and O. Bernard, "Highly realistic simulation of echocardiographic image sequences for ground-truth validation of motion estimation." in *IEEE ICIP'12, Orlando, 2012.*
- [GIS] Grid Initiatives for e-Science virtual communities in Europe and Latin America : <http://www.gisela-grid.eu/>
- [MYLI] mylims.org: My Database of spectra and chromatograms: <http://mylims.univalle.edu.co/>
- [GAUSS] Logiciel Gaussian : <http://www.gaussian.com>
- [TSA-12] A. Tsaregorodtsev, V. Hamar. "DIRAC experience with porting user applications in GISELA", in *Proceedings of the Joint GISELA-CHAIN Conference, R. Barbera et al. (Eds.), COMETA 2012.*
- [ATW-09] Atwood et al. "The Large Area Telescope on the Fermi Gamma-ray space telescope mission", *ApJ* 697 107, 2009
- [DRS] VMware DRS : <http://www.vmware.com/files/pdf/VMware-Distributed-Resource-Scheduler-DRS-DS-EN.pdf>
- [HA] VMware HA : <http://www.vmware.com/files/fr/pdf/support/VMware-Availability-Guide-PG-FR.pdf>
- [FGOP] Wiki operations France Grilles : <https://forge.in2p3.fr/projects/francegrilles-ops/wiki>
- [ABU-12] D. Abu Awad et al, "Reproductive strategies, demography and mutational meltdown", *Article soumis aux Journées scientifiques Mésocentres et France grilles 1-3 octobre 2012 Paris*
- [PAU-12] M. Pauwels et al, "Détection a posteriori de structure génétique en population hiérarchisée", *Article soumis aux Journées scientifiques Mésocentres et France grilles 1-3 octobre 2012 Paris*
- [BOINC] <http://boinc.berkeley.edu>
- [IDGF] <http://desktopgridfederation.org>