

Object : Acte de candidature à la passation du brevet d'expert

A qui de droit,

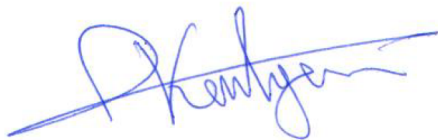
Par la présente, j'ai le plaisir de vous transmettre ma candidature à la passation du brevet donnant accès au grade d'informaticien expert. Etant au barème 12/2 depuis l'année 2007, je remplis les critères pour présenter cette candidature.

Depuis 2009, j'ai été nommé au poste de responsable de la plateforme technologique de Calcul Intensif et Stockage de Masse (SST/CISM) de l'UCL. Cette plateforme a pour but la mise à disposition d'infrastructures de calcul et de stockage performantes, la formation des utilisateurs et le support aux chercheurs faisant appel à nos services. Depuis 2010, le CISM fait partie du Consortium des Equipements de Calcul Intensif (CÉCI) en Fédération Wallonie-Bruxelles qui regroupe les efforts en calcul haute performance de 5 universités francophones du pays (ULB, ULG, UNamur, UMons et UCL). Avec le consortium, c'est plus de 500 chercheurs de la FWB qui utilisent régulièrement nos infrastructures.

Lors de ma nomination en janvier 2009, étant informaticien au barème 12/2 depuis deux ans, j'ai été sollicité par RHUM pour initier les démarches en vue d'obtenir mon brevet d'expert. Ma nomination à cette nouvelle fonction ne m'a cependant pas permis de me concentrer directement sur ce brevet et, par après, je n'ai pas eu l'occasion de m'y replonger. Aujourd'hui, j'aimerais régler cette situation et passer mon brevet d'expert dans les meilleurs délais.

Dans ce document, vous trouverez les détails de mon parcours professionnel à l'UCL ainsi que mes objectifs. Une proposition de thème pour mon premier brevet est également annexée avec une brève description du cadre dans lequel il s'articulera.

En vous remerciant d'avance pour l'intérêt que vous pourriez porter à ma candidature, je vous prie de croire, Monsieur/Madame, en l'expression de mes sentiments les meilleurs.



Thomas Keutgen

Parcours professionnel

Diplômé en Sciences Physiques, j'ai débuté mes activités à l'UCL en 1994 comme chercheur dans le groupe du professeur Y. El Masri à l'unité de physique nucléaire (unité FYNU), aujourd'hui IRMP/CP3. Mon travail a débouché sur une thèse de doctorat, obtenue en 1999, suivie par deux post-doc, l'un à la Texas A&M University (Texas, USA) jusqu'en 2001, et l'autre à nouveau au sein de l'unité FYNU.

Mes activités de recherche m'ont permis un premier contact avec les systèmes UNIX (DECstation et Alpha), pour travailler ensuite dans l'environnement Linux. En physique expérimentale, il est nécessaire de développer des systèmes d'acquisition de données en temps réels pour le traitement de signaux issus de différents détecteurs de particules, à travers une électronique complexe, et les transformer ensuite en données physiques. Ces données physiques sont ensuite traitées et analysées pour en extraire des résultats de recherche. Tout ces processus m'ont amenés à me familiariser avec les langages Bash, Fortran et C, lors de ma thèse pour ensuite passer au C++ lors de mes deux postdocs.

En 2002, je deviens informaticien de recherche dans l'unité FYNU. Mon activité principale était dédiée au développement d'un banc de test associé à l'intégration de détecteurs au silicium dans le tracker, partie centrale du détecteur CMS¹ au CERN (Genève). Ce système développé en C++, sous le logiciel QT (pour l'aspect graphique) et ROOT (logiciel du CERN dédié au traitement et à l'analyse de données physiques), assurait le contrôle de qualité des détecteurs au silicium afin de retirer de la chaîne de montage les éléments défectueux ou peu performants.

Durant cette période, j'ai eu l'occasion de développer, avec les mêmes outils, un outil pédagogique dédié à un laboratoire de première Master. Cet outil interactif permettait de traiter et analyser les données du CERN ayant conduit à la découverte du boson Z⁰, particule élémentaire prédite par le modèle standard. Simple d'utilisation, ce logiciel a été adapté pour permettre à des élèves de 6^{ème} secondaire de l'utiliser lors des master classes. L'adaptation comprenait la simplification de son utilisation mais également celle des concepts physiques et mathématiques se cachant dans le traitement de données.

Cette période correspond également au début du travail en cluster (grappe de calcul). Le nouvel accélérateur du CERN (LHC) n'était pas encore en fonctionnement mais les chercheurs en physique des particules faisaient tourner de grosses simulations (type Monte Carlo) servant à définir les limites de sélection à appliquer à leurs données pour espérer extraire les signaux relatifs aux événements recherchés (le boson de Higgs par exemple). Débutant par une infrastructure de 12 serveurs de calcul, nous nous sommes développés progressivement en augmentant la capacité de calcul de notre cluster. De plus, tous les ordinateurs de bureau de l'institut étant installés sous Linux, nous pouvions détecter leur disponibilité et décider de les intégrer à notre cluster grâce au système de gestion de jobs Condor³, très utilisé dans des applications de type HTC (High Throughput Computing).

En 2005, suite au départ d'Alain Ninane, nommé aux services centraux SGSI, j'ai repris la responsabilité de l'informatique de l'unité. A ce titre, j'ai dû reprendre en main bon nombre de services dont j'ignorais les détails. Il faut savoir qu'à cette époque, l'unité était assez indépendante informatiquement. Elle avait son propre serveur DNS, son système de mail, un serveur DHCP, un NAT pour le pare-feu ... C'est une période où j'ai appris énormément dans la gestion des systèmes informatiques. On peut citer par exemple la migration du serveur gérant les emails dans le domaine fynu.ucl.ac.be, passant du système QMAIL à POSTFIX, plus prometteur. La difficulté étant de maintenir le service en activité malgré la migration. On peut également citer le remplacement du NIS, outil d'authentification des personnes sur les desktops et serveurs de l'unité, par un LDAP centralisé, solution encore peu utilisée à l'époque.

En tant que responsable système, j'ai été amené à remplacer le système d'acquisition de données en tant réel existant par un outil, plus simple à adapter, répondant aux demandes des utilisateurs internes et externes à l'UCL venant effectuer des expériences auprès du Cyclotron de Louvain-la-Neuve.

Au même moment, le CERN mettait en place une grille de calcul internationale pour partager et traiter les données des futures expériences autour du LHC. L'ULB et l'UCL, trop petits pour pouvoir héberger chacun un cluster de second niveau dans cette grille, ont décidé de se mettre ensemble pour permettre à la Belgique de participer à ce projet. C'est dans ce contexte que nous avons lancé le projet de nouvelle salle machine (salle Tier2) au de Hemptinne. Dans ce projet, j'ai participé de manière active à la définition des besoins dans l'écriture du projet et lors de la conception/construction de la salle. Aujourd'hui, cette salle a été reprise par les services centraux (SGSI/SIPR).

¹ CMS: <https://home.cern/fr/about/experiments/cms>

² http://atlas.physicsmasterclasses.org/fr/zpath_lhcphysics2.htm

³ Condor : <http://research.cs.wisc.edu/htcondor/>

Depuis 2009, je suis responsable de la plateforme technologique Calcul Intensif et Stockage de Masse⁴.

Travailler au CISM était l'occasion de m'ouvrir à d'autres applications nécessitant l'utilisation d'outil HPC (High Performance Computing) alors que je venais d'un environnement plutôt HTC (High Throughput Computing). J'ai pu me familiariser avec des outils de parallélisation tels que OpenMP et MPI. Il fallait s'adapter à des besoins s'étalant dans un plus large spectre.

Je reprenais également une équipe que j'ai appris à connaître afin d'identifier les qualités et les affinités de chacun dans leur travail. Mes premiers objectifs au CISM ont été de mettre en place de nouvelles habitudes de travail améliorant la communication et le partage des compétences (via la mise en place d'un dokuwiki par exemple).

En 2010, le Consortium des Equipements de Calcul Intensif⁵ (CÉCI) en FWB a été créé. Ce consortium regroupe les initiatives en calcul haute performance de 5 universités francophones du pays (ULB, ULG, UMon, UNamur et UCL). Lors de la création de ce dernier, il fallait mettre en place un environnement de travail commun permettant aux administrateurs des différents sites de collaborer entre eux et aux utilisateurs de travailler sur différentes plateformes sans modifier leurs habitudes. Tout était à inventer. En 2011, le CISM a reçu un budget du FNRS pour l'installation d'une machine à haute capacité mémoire (HMEM⁶). Même si financée par un projet UCL, nous avons décidé de l'ouvrir partiellement aux utilisateurs des autres universités et de l'utiliser ainsi comme modèle de configuration pour les futures infrastructures du CÉCI. Bertrand Chenal, logisticien de recherche engagé par le consortium, a décidé de s'installer à l'UCL et a pu, avec notre équipe, mettre en place les bases de l'environnement CÉCI. Un système LDAP centralisé et dupliqué a été mis en place de même qu'une interface WEB permettant aux utilisateurs de demander la création de leur compte ou son renouvellement. Nous avons aussi décidé de remplacer notre système de gestion de jobs, devenant payant, par SLURM workload manager⁷, open source et gratuit. Cet environnement a été rapidement accepté par l'ensemble du consortium et appliqué depuis à tous les clusters qui ont été installés.

L'acquisition du cluster HMEM correspondait à mon premier appel d'offres européen. La rédaction du cahier spécial de charge a fait l'objet d'une veille technologique importante auprès des fournisseurs mais également une recherche auprès des utilisateurs du CISM d'une application spécifique permettant de tester la qualité de la solution proposée (benchmark). Par après, les appels d'offres se sont succédés avec l'installation en 2012 du cluster Lemaitre2⁸, remplacement de l'ancien cluster Lemaitre datant de 2005, le projet ZOE en 2015 (financement FNRS obtenu par IMCN/NAPS) et enfin, Lemaitre3 en cours d'analyse.

Les infrastructures du CISM prenant de l'importance, la capacité des salles machines aquarium (au Pythagore) et Tier2 (au de Hemptinne) devenaient insuffisantes pour héberger les infrastructures des services centraux (SGSI/SIPR), de IRMP/CP3 et du CISM. C'est la raison pour laquelle, en 2011, nous avons initié, avec Patrick Vranckx (responsable SIPR), une demande de financement pour la création d'une nouvelle salle machine. Le projet DCIII était ainsi lancé et la première phase de la construction de la salle s'est achevée en 2016. La finalisation de ce projet devrait avoir lieu en 2018 avec la mise à niveau de la puissance de refroidissement de la salle. A la base de la demande initiale, j'ai eu l'occasion de suivre toutes les étapes amenant à l'élaboration et la concrétisation du projet.

Cette nouvelle salle, le DCIII, regroupe aujourd'hui toutes nos infrastructures ainsi que les serveurs de IRMP/CP3. Lors du déménagement, le CISM et IRMP/CP3 en ont profité pour mettre leurs ressources en commun et rendre possible leur partage avec tous les utilisateurs de l'UCL. Ce travail n'était pas évident à la base car demandait aux administrateurs de IRMP/CP3 d'adapter leurs applications (Condor et GRID) à notre système de soumission SLURM. Cette fusion est un succès aujourd'hui.

L'aménagement de cette nouvelle salle était enfin une occasion unique pour moderniser nos méthodes de travail. Automatiser nos procédures d'installation et de mise à jours de nos machines, partout où cela est possible, est devenu aujourd'hui un leitmotiv. Cela permet de maintenir un historique de toutes nos installations. Un inventaire de toutes nos machines a également été mis en place via le Gestionnaire Libre de Parc Informatique⁹.

⁴ www.cism.ucl.ac.be

⁵ CÉCI : www.cec-hpc.be

⁶ HMEM: <http://www.cec-hpc.be/clusters.html#hmem>

⁷ SLURM : <https://slurm.schedmd.com>

⁸ Lemaitre2 : <http://www.cec-hpc.be/clusters.html#lemaitre2>

⁹ GLPI : <http://glpi-project.org>

Objectifs professionnels

Mon objectif au sein du CISM est d'éviter de manquer le tournant observé actuellement dans la gestion et l'utilisation des infrastructures hautes performances.

En effet, les infrastructures de calcul deviennent de plus en plus complexes et leur gestion nécessite des outils de déploiement centralisés. Les méthodes de travail doivent également s'adapter à plus de documentation. Chaque administrateur doit laisser une trace de son action pour permettre à un collègue de retrouver l'information nécessaire à une reprise en main.

Les utilisateurs ont des besoins de plus en plus hétérogènes. De plus en plus souvent nous faisons face à des demandes que nous ne pouvons honorer pour cause d'incompatibilité entre différents systèmes d'exploitation. L'utilisation d'un cloud privé devrait permettre de répondre à ce type de besoin. L'adaptation d'une partie de nos clusters et de notre système de stockage à cette fin devient prioritaire. Cette solution est à compléter par un accès à des infrastructures extérieures telles que Amazon ou Microsoft Azure, dont le coût d'utilisation devient progressivement accessible pour des besoins ponctuels.

Ces dernières années, de nouvelles technologies sont apparues, telles que les accélérateurs, GPU et Xeon Phi, ou les technologies « low power ». Les unes pour optimiser les performances d'une application, les autres, pour diminuer les coûts de production. Les accélérateurs sont déjà présents depuis un certain temps dans les infrastructures du CISM mais devraient être développées pour rester attractives. Le low power est par contre un nouveau champ d'application qui mériterait d'être approfondi.

Au niveau du CÉCI, les cinq prochaines années seront assez importantes pour le maintien d'une activité de calcul haute performance en Fédération Wallonie Bruxelles. Les infrastructures universitaires (PRACE¹⁰-Tier2) et régionales (PRACE-Tier1) installées en FWB ont plus de trois ans et doivent être remplacées et refinancées. Au delà de l'aspect financier, en cours de négociation, il s'agira de bien choisir les infrastructures mises en place afin de continuer à assurer la complémentarité entre les clusters de niveau Tier2, installés dans les universités membres du CÉCI, et le Tier1, hébergé par le Cenaero¹¹ à Gosselies.

Enfin, plus personnellement, dirigeant le CISM depuis presque 9 années, je reste ouvert à d'autres responsabilités au sein de l'UCL dans les années à venir.

¹⁰ PRACE: <http://www.prace-ri.eu>

¹¹ Cenaero: <http://www.cenaero.be>

Proposition pour le brevet principal :

« Installation d'un système de fichier CEPH et amélioration des services de stockage au CISM »

Contexte général

Le stockage de données au CISM s'articule sur plusieurs niveaux qui dépendent de la nature des données¹².

Les utilisateurs de nos infrastructures de calcul sont en général développeurs de leurs propres applications, écrites en fortran, C++, Python ou autres. Les sources de ces applications sont préservées dans un espace limité mais sauvegardé vu l'importance des données qui s'y trouvent. Pour cette utilisation, un espace HOME compris entre 50 et 100 GB est mis à la disposition de chaque utilisateur sur chaque cluster de calcul.

Les utilisateurs sont également amenés à traiter une quantité importante de données (données d'entrée) ainsi qu'à écrire massivement des résultats de calcul (données en sortie). L'espace de données prévu à cet effet ne doit pas avoir le niveau de sécurisation que le HOME vu qu'il s'agit ici d'espace temporaire, mais par contre, il doit proposer un volume beaucoup plus important (100 à 300 TB) et offrir un taux en lecture et écriture beaucoup plus élevé (> 1 GB/s). Cet espace SCRATCH est spécifique à chaque cluster et correspond en général à un système de fichiers parallélisé (par exemple GPFS, BeeGFS, Lustre ...) et interconnecté avec les serveurs de calcul via un réseau rapide et à faible latence (ex. : infiniband).

Enfin, lorsque les données sont traitées, il faut parfois les sauvegarder sur du plus long terme (> 5ans) à des fins de publications et de traitements futurs. Ici, on parlera de stockage de masse. Un espace élargi de près de 300 TB est prévu à cet effet. Il s'agit de deux serveurs de type NAS connectés par une interface réseau 10GbE sur le réseau interne du CISM. Ces serveurs sont directement accessibles par les utilisateurs et, même si un système de montage centralisé via le protocole NFS permet un point d'accès unique, on ne peut pas parler de système distribué où le retrait ou l'ajout d'un serveur peut se faire sans impact sur l'utilisateur. Aussi, le fait que l'ensemble des répertoires et fichiers d'un utilisateur peut être visible en lecture par d'autres si l'utilisateur ne contrôle pas attentivement les droits d'accès à ses répertoires, peut être problématique pour des données devant rester confidentielles. Ce service nécessite clairement d'être modernisé.

Par ailleurs, la plupart de nos services (site web, passerelle d'accès à nos clusters, serveur LDAP ...) sont virtualisés (installés sur des machines virtuelles VM). Chaque VM est liée à un espace disque virtuel (device virtuel) qui lui est fourni par la machine physique qui l'héberge. Afin d'assurer la duplication de ces données, les machines physiques hébergeant les VM sont reliées entre elles par un système de fichier distribué : GlusterFS¹³. Ce système représente une entité de stockage supplémentaire dont le service pourrait être repris par un système centralisé et donc, indépendant des machines physiques hébergeant les VM.

La durée de vie des espaces HOME et SCRATCH est directement liée à celle du cluster pour lequel il a été mis en place. Une fois le cluster démantelé (après 4-5 ans), les disques utilisés pour ces espaces sont déclassés ou réaffectés à des infrastructures de test ou de développement. De même, les serveurs de stockage de masse, après 5 ans de fonctionnement sous garantie, sont déclassés et remplacés par de nouvelles machines. L'ensemble de ces infrastructures représente une quantité de stockage non négligeable (plusieurs centaines de TB) et pourrait encore rendre des services. Malheureusement, hors garantie du constructeur et trop anciennes, elles ne sont plus suffisamment fiables pour héberger des données des utilisateurs.

Il nous manque donc **un système de stockage central distribué** où les serveurs anciens et nouveaux peuvent cohabiter pour former ensemble un espace global important, évolutif et multi-service. Un espace pouvant être mis à la disposition des utilisateurs sous différentes formes : système de fichiers, block devices ou directement accessible par une application. Un système dans lequel des données confidentielles peuvent être stockées pour un utilisateur sans que les autres utilisateurs n'en détecte la présence.

Au sein du CISM et du CÉCI, nous utilisons déjà différents systèmes de fichier distribué tels que Lustre¹⁴, GlusterFS¹⁵, logiciels libres, ou encore GPFS¹⁶, logiciel sous licence permettant le partage de

¹² Voir rapports annuels du CISM: <https://uclouvain.be/en/research/cism/activity-report.html>

¹³ GlusterFS: <https://www.gluster.org>

¹⁴ Lustre : <http://lustre.org>

¹⁵ BeeGFS : <https://www.beegfs.io/content/>

fichiers entre utilisateurs sur les 6 clusters du consortium. Ces différents systèmes ont chacun leurs avantages (facilité d'installation, performances, possibilités de duplications ...) mais aucun d'eux ne semble pouvoir répondre à l'ensemble des services que nous aimerions retrouver dans notre système central. D'autres solutions libres ont été testées telles que Sector¹⁷, xrootd¹⁸ ou hadoop¹⁹. Ces solutions ne sont pas plus adaptées. Des candidats sous licence ont également été envisagés tels que Scalify²⁰ ou tout dernièrement, le système HCP²¹ de Hitachi. Ces systèmes paraissent prometteurs mais leur utilisation représente des coûts importants que le CISM préfère éviter en utilisant des systèmes libres.

Parmi les solutions libres et open sources, il en existe une qui semble faire l'unanimité auprès des universités et centres de recherche. C'est une solution que nous surveillons déjà depuis un certain temps mais ce n'est que dernièrement qu'elle s'est déclarée entièrement prête pour de la production. Aujourd'hui, le système semble mûr et pourrait être le candidat idéal pour remplir nos besoins: il s'agit du système CEPH²².

Système CEPH

CEPH est une plateforme open source de stockage distribué, de type « software-defined Storage » (SDS)²³. CEPH est libre d'accès, particulièrement évolutif par le fait de la dissociation entre le matériel de stockage physique et l'intelligence propre du système (les serveurs de stockages peuvent être ajoutés ou retirés à chaud) et tolérant aux pannes. Les données sont dupliquées et donc protégées en cas de panne disque. Les serveurs de gestion sont dédoublés, évitant ainsi un « single point of failure ».

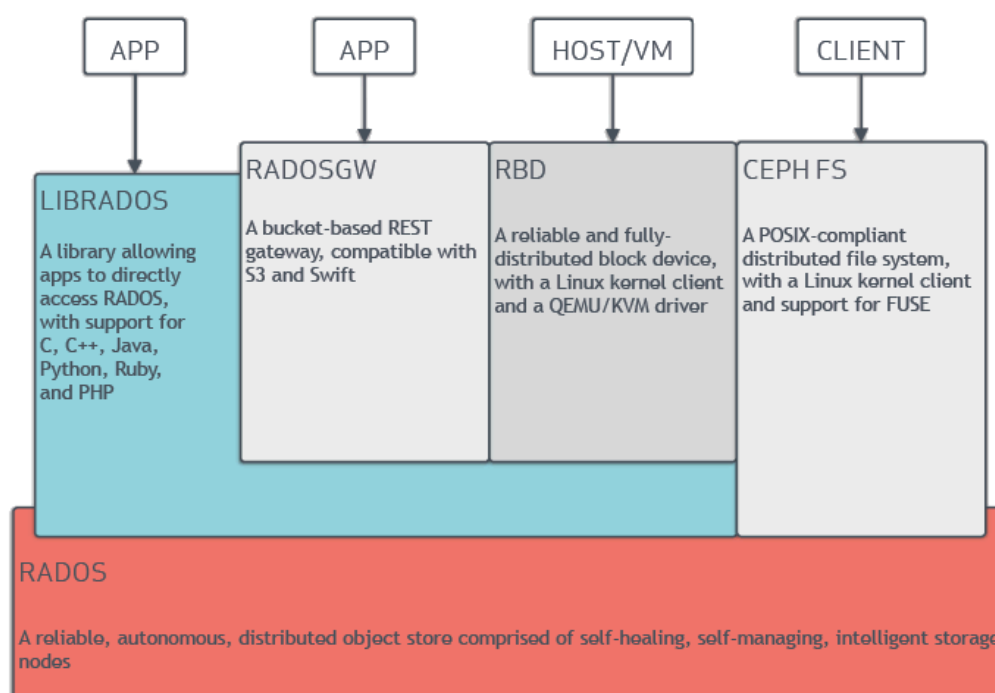


Figure 1: Architecture générale de CEPH²⁴

CEPH consiste à un bloc autonome de stockage de type objet (RADOS) sur lequel vient se greffer différentes passerelles permettant d'offrir du stockage à des clients en mode block (pour des VM), en mode objet (lien avec

¹⁶ GPFS: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSFKCN/gpfs_welcome.html

¹⁷ Sector : <http://sector.sourceforge.net>

¹⁸ XrootD: <http://xrootd.org>

¹⁹ Hadoop: <http://hadoop.apache.org>

²⁰ Scalify: <http://www.scalify.com>

²¹ HCT: <https://www.hitachivantara.com/en-hk/products-solutions/storage/content-platform-anywhere.html>

²² CEPH: www.ceph.com

²³ <http://www.journaldunet.com/solutions/cloud-computing/1179361-ceph-la-technologie-qui-disrupte-le-marche-du-stockage/>

²⁴ <http://docs.ceph.com/docs/master/architecture/>

le monde du cloud Amazon S3 ou OpenStack Swift) ou par système de fichiers. Une librairie, librados, peut aussi être directement appelée dans des applications développées en différents langages pour interagir directement avec les objets stockés

CEPH présente l'avantage d'être complètement indifférent au matériel utilisé et peut donc être construit sur des systèmes hétérogènes et même décommissionnés. On retrouve ici l'intérêt d'utiliser du vieux matériel en attendant son disfonctionnement complet sans craindre de perdre des données ou de devoir interrompre le service.

Enfin, ce système étant distribué (les objets sont écrits parallèlement sur différentes plateformes physiques), les performances qui lui sont associées doivent à priori dépasser celles que l'on retrouve pour un NAS hébergeant l'ensemble des datas. Ceci dépend bien entendu du type de matériel installé et de la qualité de l'interconnect.

Objectifs

L'objectif de ce travail sera d'installer et d'intégrer CEPH aux différents services proposés par le CISM. Chaque type de « passerelle » sera étudié en détail pour l'adapter aux besoins à venir des utilisateurs (stockage de masse, disques virtuels pour les VM ...).

Une étude de faisabilité sera effectuée pour s'assurer de la pérennité des données en cas d'utilisation de machines décommissionnées. Des liens seront mis en place avec l'OpenStack du CISM, développé par ailleurs au sein de notre plateforme et OwnCloud, service d'accès au stockage mis en place l'année dernière et permettant aux utilisateurs de partager leurs données avec des collaborateurs hors UCL.

Ce qui revient aux étapes ou livrables suivants :

1. Mise en place d'un cluster de stockage CEPH (moniteurs CEPH et OSDs). Vérifier le niveau de résilience du système (tolérances aux pannes).
2. Mise en place d'un CephFS. Tests de performance du point de montage en comparaison avec un serveur de type NAS monté en NFS. Gestion des utilisateurs et partage du système de fichiers. Test d'efficacité du réexport NFS du point de montage sur le client CEPH.
3. Mise en place d'un pool Rados Block Device (RBD). Mise à disposition de disques virtuels pour une VM ou pour un client ceph. Possibilité d'isoler des données utilisateurs dans différents pools (ou groupe d'objets) afin d'assurer une certaine confidentialité des données. Liens à mettre en place avec l'OpenStack du CISM.
4. Développement de services de type Swift ou Amazone S3. Etudier différents exemples d'utilisation.
5. Vérifier les possibilités d'interagir directement avec les objets hébergés sur le cluster de stockage via la librairie librados dans des applications développées en différents langages dont C++, Python ...
6. Pour les points 2 à 5, étudier la plus values que CEPH peut apporter aux utilisateurs du CISM.

En cas de succès, si le système se montre convainquant en tout point, CEPH sera mis en production en lieu et place du système de stockage de masse du CISM. Il deviendra le système de stockage central de notre plateforme.

Compétences individuelles à développer

L'analyse et l'installation de CEPH m'amèneront à acquérir une expérience nouvelle dans un domaine en vogue pour le moment à savoir :

- Le stockage objet
- L'Erasure Coding, méthode de protection des données
- Approfondir les liens possibles avec le Cloud via les API Amazon S3 et OpenStack Swift

Planning

La planification de ce travail est relativement difficile à évaluer puisqu'il dépend du temps que je pourrai y consacrer. Un avantage que j'ai est la disposition de la partie hardware. En effet, récupérant les serveurs décommissionnés, je dispose de 5 serveurs de stockage pour un total d'environ 300 TB. Je pourrai donc directement me consacrer sur la partie logicielle du projet.

Si je reprends les objectifs et livrables ci-dessus, point par point, et que je compte en jours de travail à temps plein :

- Point 1 : 10 jours
- Point 2 : 5 jours
- Point 3 : 5 jours
- Point 4 : 15 jours
- Point 5 : 15 jours
- Point 6 : pris en compte dans les jours précités.
- Rédaction d'un rapport complet 10 jours

On se retrouve donc avec un total d'environ 12 semaines calendriers à temps plein. Si j'y consacre une journée par semaine, et que mon brevet commence le premier janvier 2018, je devrais pouvoir déposer mon rapport final au plus tard pour le 1^{er} mars 2019.

Proposition d'évaluateurs

- Jean-Michel Beuken
- Patrick Vranckx