

## Rapport d'activité 2013 - Volet Technique

Référence du document: RA-TECH-2013 - Révision 01 - Date de création : 28/12/2013

Validation : AB, le 20/03/2014

Documents référencés : RA-PUBLIS-2013

Résumé : Rapport d'activité 2013 - Volet Technique

Révisions :

- 1.0 : Première version publiée

**Accessibilité**

CRIHAN : **OUI**

EXTÉRIEURS : **OUI**

RESTREINT : **NON**

**CRIHAN**

Technopôle du Madrillet 745, avenue de l'Université 76800 SAINT-ÉTIENNE DU ROUVRAY  
Tél. : 02 32 91 42 91 - Fax : 02 32 91 42 92 - mailto:crihan-admin@crihan.fr - www.crihan.fr  
SIRET N° 383 599 990 00025 - CODE APE 7219Z

## Table des matières

---

<b>Pôle Régional de Modélisation Numérique</b>	<b>4</b>
<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>Utilisation des grappes de calcul</b>	<b>4</b>
La grappe de calcul IBM iDataPlex (Antares)	5
Serveur IBM Power7 (ATLAS)	9
<b>Modélisation moléculaire</b>	<b>10</b>
Les logiciels	10
<b>Support aux entreprises</b>	<b>12</b>
Production	12
Accompagnement technique et scientifique	12
Support au développement d'une plateforme aéroacoustique	12
Mise en exploitation de WRF	13
Frontalisation d'un accès graphique au calculateur	13
Audit d'un code de calcul	13
Support pour l'exécution de ANSYS Fluent sur Antares	13
<b>Le support scientifique</b>	<b>14</b>
Support logiciel avancé	14
Mésoschallenge	15
Mise en exploitation de logiciels	16
Interventions diverses	17
<b>Communication et information scientifique</b>	<b>17</b>
<b>Veille technologique</b>	<b>18</b>
Conférence SC'13	18
Plateforme de test d'une solution SYSFERA avec le méso-centre de Champagne-Ardenne	18
<hr/>	
<b>Réseau Régional pour l'Enseignement et la Recherche</b>	<b>21</b>
<b>Indicateurs 2013</b>	<b>21</b>
Débit moyen des liaisons	21
<b>Évolutions de SYRHANO en 2013</b>	<b>22</b>
Nouvelles liaisons / épine dorsale	22
Renouvellement des équipements	24
Renouvellement du marché exploitation	24
Travaux réalisés en 2013	25
<b>InterCampus</b>	<b>27</b>
Travaux réalisés en 2013 sur le réseau Intercampus	27
Travaux prévisionnels pour 2014 sur le réseau Intercampus	27
Exploitation et maintenance du réseau Intercampus	28
<b>Système d'information SYRHANO</b>	<b>29</b>
<b>Service de visioconférence</b>	<b>30</b>
<b>Service de sauvegarde</b>	<b>32</b>

Architecture	32
Bilan	33
<hr/>	
<b>Formations dispensées et stages</b>	<b>34</b>
<b>Formations</b>	<b>34</b>
Formation pour les utilisateurs du centre de calcul	34
Formations sur des logiciels de calcul scientifique	35
Formations réseau	36
Salle de formation	36
<b>Stages</b>	<b>37</b>

## 1. Pôle Régional de Modélisation Numérique

### 1.1. Introduction

Le CRIHAN propose à ses utilisateurs du service de Modélisation Numérique, l'accès à deux ressources de calcul. La principale est un super-calculateur, nommé 'Antares' de type grappe x86-64, de gamme IBM iDataPlex. Sa mise en production date de fin d'année 2010. Il est composé de 327 serveurs (3292 cœurs), dont 33 (264 cœurs) appartiennent à l'école Centrale de Nantes. Son accès est gratuit pour les laboratoires académiques français sous condition de déposer un dossier à l'appel à projet scientifique réalisé deux fois par an. Un service payant est accessible aux industriels.

Un deuxième serveur, 'Atlas', composé uniquement de 4 processeurs octo-cœurs est réservé pour une petite communauté d'utilisateurs. Ses processeurs sont peu nombreux mais son architecture particulière est parfois plus adaptée à certains codes.

### 1.2. Utilisation des grappes de calcul

La demande d'accès à la grappe de calcul 'Antares' s'effectue sur dépôt d'un dossier scientifique. Celui-ci est ensuite expertisé et un compte par utilisateur associé est ouvert sur le cluster. Une limite d'heure.CPU (quota) à utiliser avant le 31 décembre, est attribué pour le projet. En fin d'année, une demande de renouvellement du projet doit être déposée, sinon, les comptes associés sont fermés.

La gestion des comptes sur le serveur Atlas est différente. L'accès est donné à quelques utilisateurs dont les codes tirent profit de l'architecture.

#### Préambule : comptabilité horaire

L'accès aux ressources s'effectue au travers d'un logiciel de traitement par lots (batch) qui dirige les calculs dans des files d'attente et les exécute quand les ressources demandées (processeurs/cœurs, mémoire, gpu, etc.) sont disponibles. Ces ressources sont utilisées en mode dédié : un processus unique par cœur. Le logiciel utilisé est le produit IBM LoadLeveler.

Deux types de mesure sont disponibles pour la comptabilité horaire : le relevé des heures.CPU comptabilisées au niveau du système d'exploitation, et le relevé des temps "elapsed" donné par le logiciel de traitement par lots (batch).

Les différences entre les deux indicateurs peuvent être expliquées de la façon suivante :

- le relevé CPU correspond aux durées cumulées d'utilisation des cœurs des processeurs. L'inconvénient de ce relevé est qu'il est dépendant de l'efficacité des codes. Un calcul effectuant de nombreux accès en lecture ou en écriture sur les disques durs consomme peu de ressources CPU, alors qu'il monopolise des cœurs de calcul.
- Le relevé «elapsed» comptabilise les heures réservées par cœurs indépendamment de l'efficacité du calcul. La valeur est donc logiquement plus élevée. Toutefois, les calculs en mode interactif ne sont pas pris en compte.

### 1.2.1. La grappe de calcul IBM iDataPlex (Antares)

#### Antares en quelques chiffres

Relevé du 1er janvier au 31 décembre 2013 :

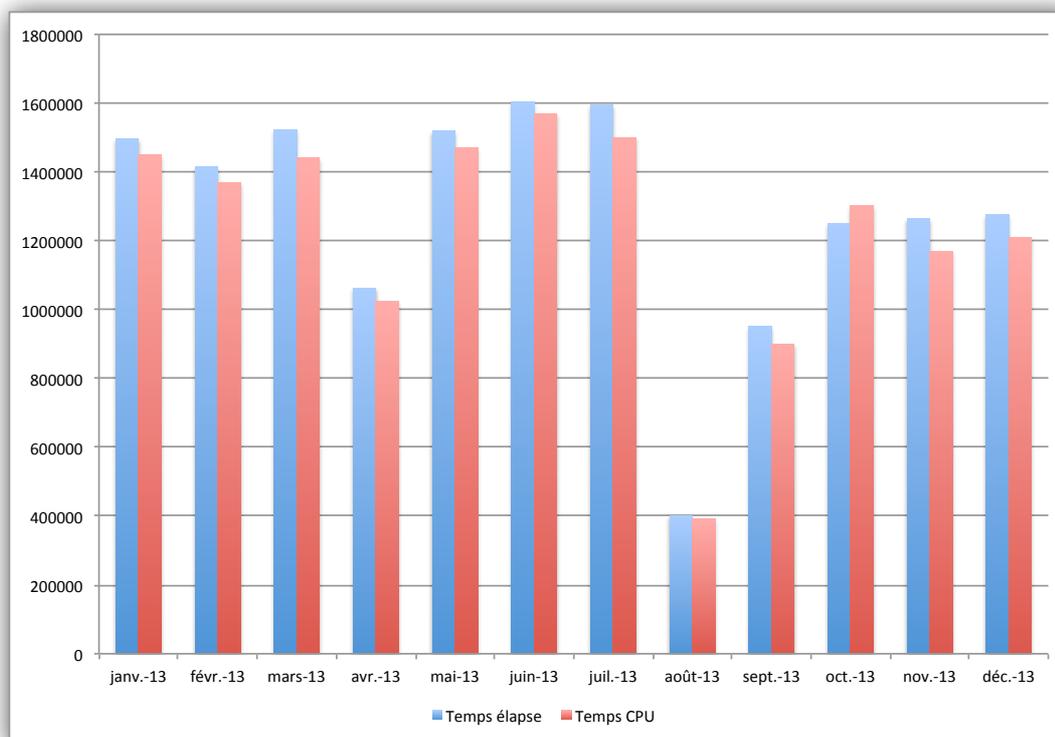
Nombre de calculs	69 783
Nombre d'heures CPU	14 795 926 h
Nombre d'heures comptabilisées par l'outil de batch	15 360 413 h
Taille du plus gros calcul(*)	2944 cœurs

Remarque : les relevés de ce chapitre correspondent aux heures de calcul réalisées sur la partie d'Antares appartenant au CRIHAN. Les heures réalisées par l'Ecole Centrale de Nantes ne sont pas comptabilisées dans ces graphes.

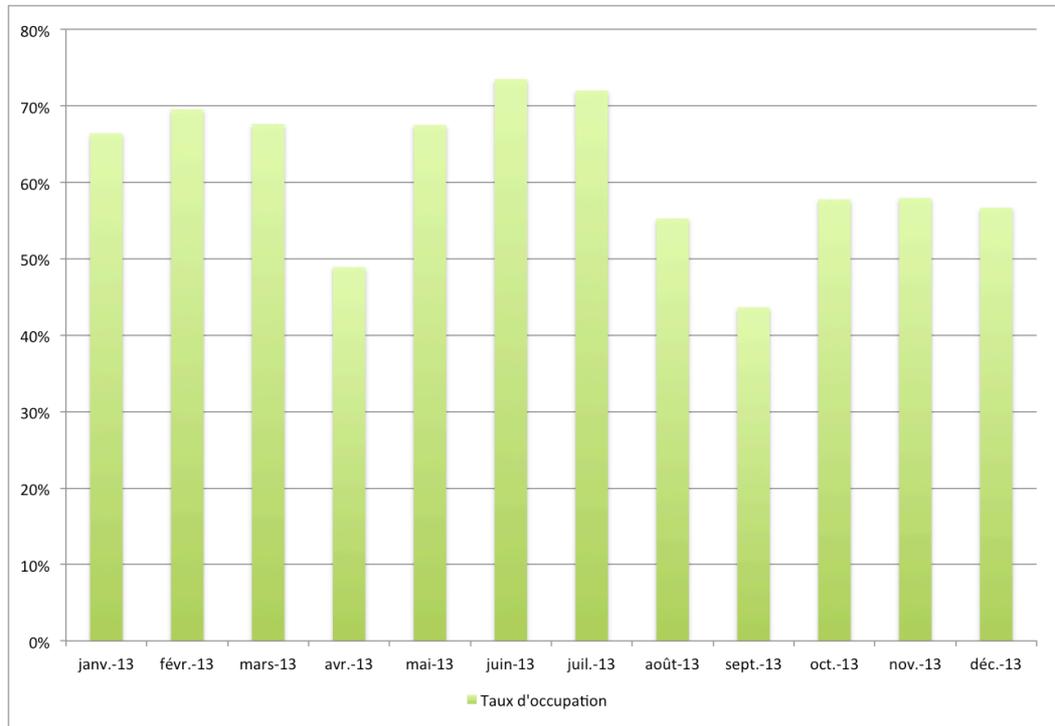
(\*) Le plus gros calcul sur la presque totalité du calculateur, a été effectué dans le cadre des mesochallenges (cf. § 2.5.1). En fonctionnement normal, la taille des calculs est limitée à 1024 cœurs.

#### Evolution mensuelle de la production d'heures

Les productions d'heures mensuelles en temps «elapsed» et temps CPU sont reportées sur le graphe suivant. Les deux indicateurs donnent des valeurs proches avec un écart inférieur à 8%, ce qui reflète que les codes de calcul ont une bonne efficacité sur architecture parallèle.



Antares : Consommation CPU (h)



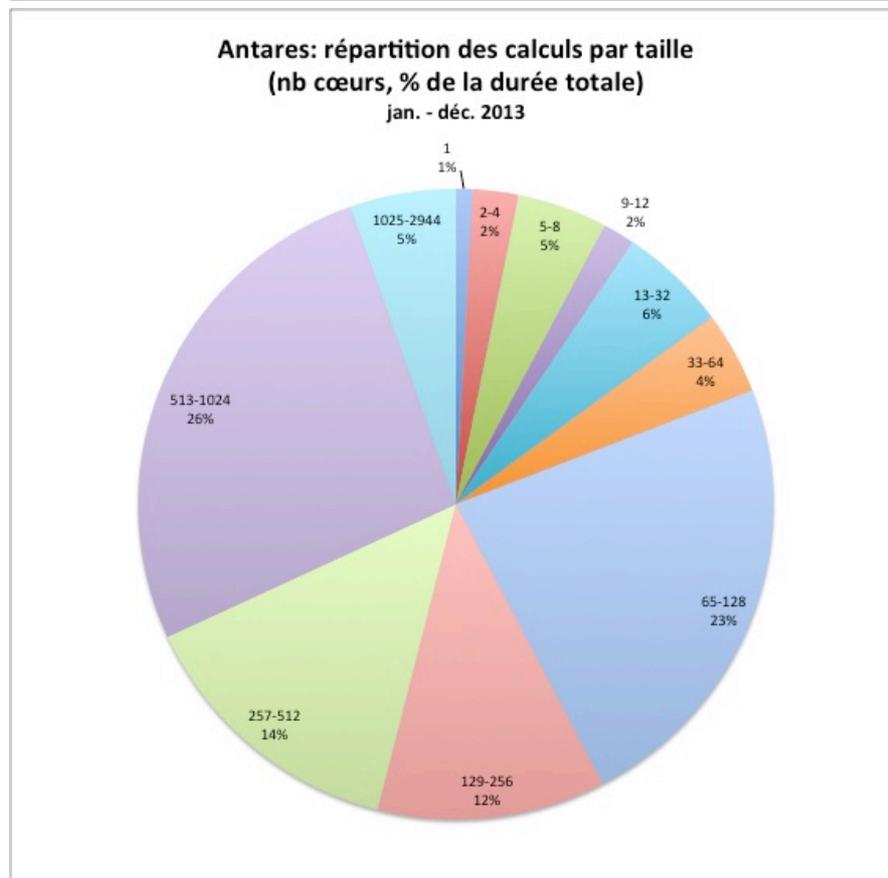
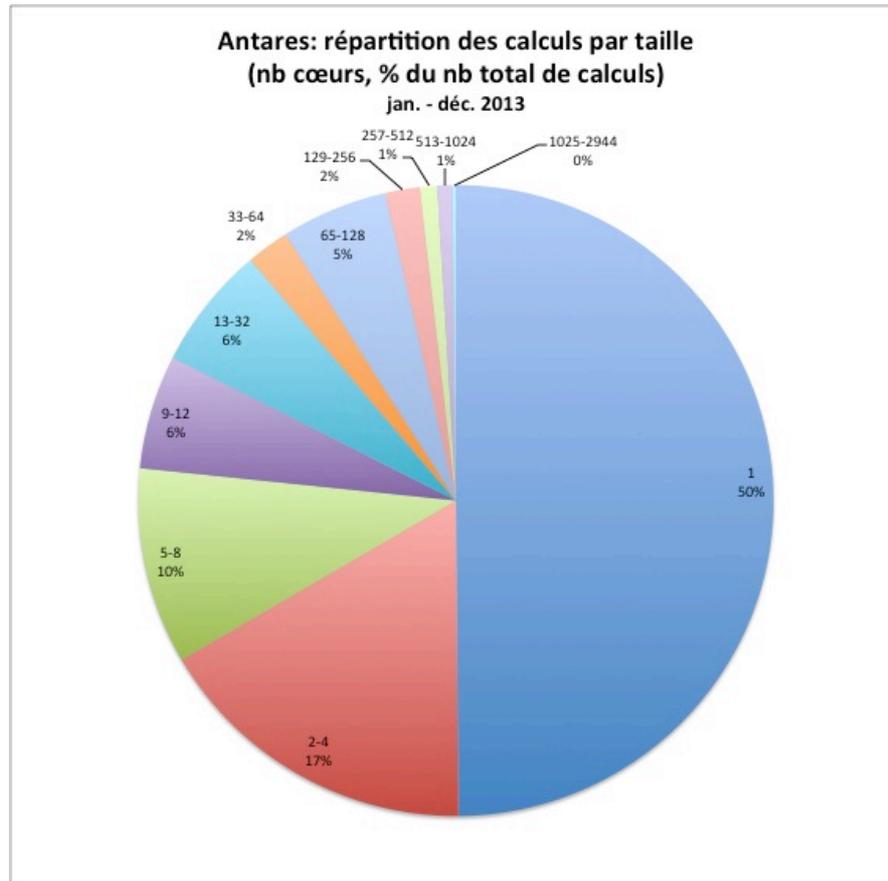
*Antares : Taux d'occupation*  
calcul sur la base des heures «elapsed» hors arrêts de production

L'évolution mensuelle de la production d'heures fait apparaître clairement l'arrêt de production du mois d'août, ainsi qu'une baisse en avril correspondant aux vacances de printemps.

Sur les mois de plus forte activité (juin-juillet), le taux d'occupation est supérieur à 72%.

Ces valeurs moyennes recouvrent en réalité des disparités avec des valeurs quotidiennes faibles sur les week-ends mais atteignant régulièrement 80% en semaine.

En moyenne annuelle, hors arrêts de production, le taux d'occupation est de 61.5%.

**Statistiques d'utilisation des ressources (janvier - décembre 2013)**


### Disponibilité du calculateur Antares au cours de l'année 2013

Le service de calcul a connu 3 arrêts de production au cours de l'année 2013, détaillés dans le tableau ci-dessous.

Arrêts de production d'Antares au cours de l'année 2013		
29 avril 2013	2 heures	Arrêt de maintenance (planifié) - Mise à jour logicielle
12 juillet 2013	1/2 journée	Panne matérielle réseau avec impact sur la totalité du cluster
31 juillet - 21 août 2013	21 jours	Arrêt de maintenance (planifié) - Mise à jour système

Le calculateur a donc connu une panne en juillet qui a été résolue rapidement par l'équipe technique. Cet incident est intervenu après une période de pratiquement deux années sans panne, la dernière remontant à août 2011.

L'arrêt de service du 29 avril correspond à la mise à jour du logiciel de traitement du batch LoadLeveler.

L'arrêt de service de trois semaines du mois d'août correspond à une maintenance lourde du calculateur puisqu'il s'agit d'une mise à jour du système d'exploitation.

### Mise à niveau logiciel de la grappe de calcul 'Antares' en août 2013

Le calculateur Antares avait été installé en été 2010 sous le système d'exploitation RedHat Entreprise 5.4 et la grappe de calcul était stable. Cependant, après quelques années, le système d'exploitation posait deux types de problèmes :

- des problèmes de sécurité liés à l'obsolescence des paquets installés,
- des blocages lors de l'installation de certains logiciels récents (entre autre des dépendances sur glibc).

La mise à jour du système d'exploitation du calculateur représente une opération lourde qui est réalisée suivant une «matrice» préconisée par le constructeur et donnant la configuration adaptée des versions à installer pour les différents composants du système. Une première mise à jour avait été planifiée sur l'été 2012, mais avait du être reportée car la matrice avait été connue trop tard pour garantir le bon déroulement de l'opération sur une courte coupure de service.

Cette année, la nouvelle matrice des versions à installer a été communiquée suffisamment tôt pour permettre au CRIHAN de réaliser une maquette basée sur un serveur virtuel et un nœud sorti de production. La phase de mise à jour et de réinstallation du serveur a ainsi pu être testée dès le mois de mai 2013, et le déploiement a été effectué pendant l'arrêt de maintenance de 3 semaines en août. A l'issue de l'installation, un ensemble de tests a permis de vérifier le niveau de performance du système et de ses différents composants.

L'arrêt a permis la mise à jour des pilotes des équipements réseaux (switchs ethernet, InfiniBand) et des serveurs (firmwares) ainsi qu'une ré-installation complète du calculateur.

La nouvelle version du système d'exploitation est maintenant : RedHat Entreprise 6.3.

### 1.2.2. Serveur IBM Power7 (ATLAS)

Le serveur Atlas a été acquis au printemps 2010 dans le cadre d'un bêta-test. Cette machine est constituée de 4 processeurs octo-cœurs IBM Power7 cadencés à 3,5 GHz et d'une mémoire (DDR3) partagée de 256 Go. En 2011, 1 To de disques stripés avaient été ajoutés dans le serveur pour disposer d'un espace disque volumineux et performant pour les entrées-sorties des calculs.

Début 2011, le logiciel GAUSSIAN avait été installé sur le serveur ATLAS à la demande de chercheurs en chimie organique. En effet, le parallélisme à mémoire partagée (OpenMP) de GAUSSIAN est parfois efficace jusqu'à 32 cœurs pour certains types de calcul (anharmoniques) : dans ce cas, l'architecture du serveur Power7 est plus performante que celle des nœuds de calcul dx360-M3 (bi - processeurs hexa-cœurs Intel «Westmere») de la grappe iDataPlex.

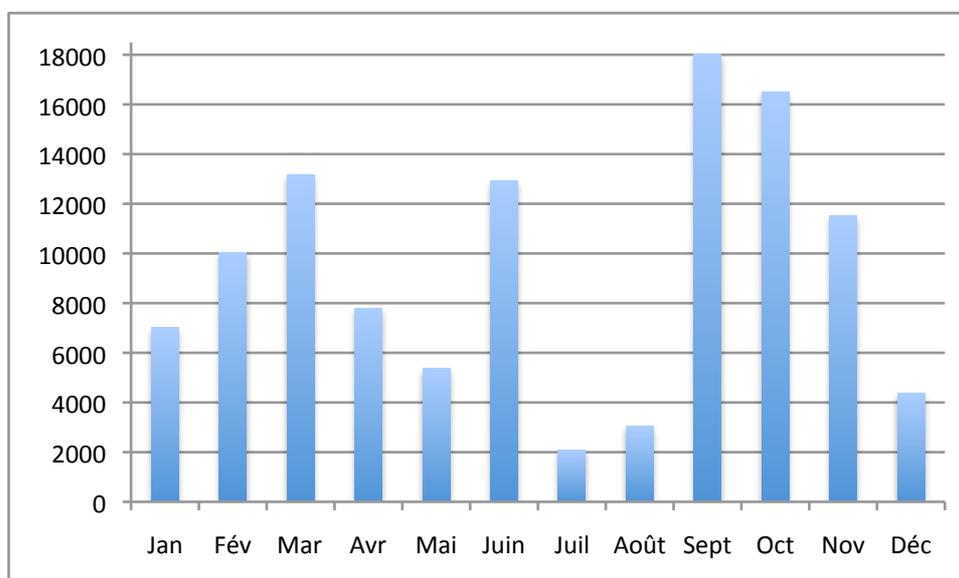
Le serveur ATLAS représente en outre un type d'architecture toujours nécessaire au fonctionnement de certaines versions du code de dynamique moléculaire CHARMM, acquis par le CERMN (Centre d'Etudes et de Recherche sur le Médicament de Normandie, Université de Caen Basse-Normandie (<http://www.cermn.unicaen.fr/>) :

111 970 heures.CPU ont été produites sur ATLAS en 2013 :

- 63 290 heures.CPU par l'IRCOF avec le logiciel GAUSSIAN ;
- 48 680 heures.CPU par le CERMN avec le logiciel CHARMM ;

Cette production correspond à un taux d'utilisation CPU du serveur Power7 de 40%, en moyenne sur l'année 2013.

Cette moyenne recouvre des disparités à l'échelle mensuelle, que l'on peut observer sur le graphe suivant : le taux d'occupation du mois de septembre, correspondant à la plus forte utilisation, atteint 78%.



Atlas : Comptabilité CPU (h) 2013

### 1.3. Modélisation moléculaire

Le Réseau Normand pour la Modélisation Moléculaire permet la mutualisation de ressources logicielles et matérielles à destination des laboratoires de recherche. Ce projet, initié en 1997, regroupe depuis 2007 douze structures réparties en Haute et Basse Normandie. La variété des logiciels et des modules offre un panel d'outils large pour toute la communauté. Le choix des logiciels à acquérir s'effectue lors de réunions de comité de pilotage, tous les deux ans, permettant aux utilisateurs d'exprimer leur besoins. Les années intermédiaires, comme l'année 2012, les licences sont renouvelées à l'identique.

Cette année, une réunion du Comité de Pilotage du Réseau Normand de Modélisation Moléculaire s'est tenue dans les locaux du CRIHAN le 3 décembre 2013. L'ordre du jour comprenait le renouvellement des licences des logiciels pour les deux années à venir (janvier 2014-décembre 2015).

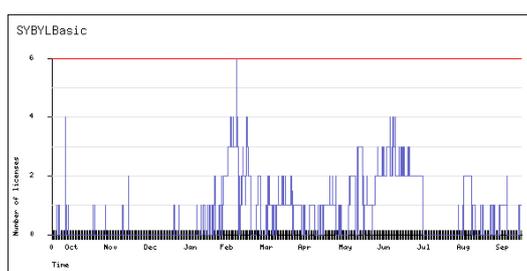
Depuis 2007, une dizaine de poste de travail est installée dans les laboratoires. En accès en mode partagé, ils offrent un environnement graphique requis par ce type de logiciels. Les stations de bureau et ordinateurs portables devenant de plus en plus performants, une grande partie des chercheurs utilise désormais la palette de logiciels mis à disposition directement sur leur propre matériel.

Tous les ans, le projet accueille de nouveaux utilisateurs (nouveaux arrivants dans les laboratoires, étudiants ou doctorants) qui accèdent automatiquement aux logiciels et aux serveurs.

#### 1.3.1. Les logiciels

##### Certarat

Le logiciel Sybyl de l'éditeur Certara (suite au rachat de Tripos par ce dernier), était à disposition des utilisateurs de la plateforme dans la limite de 6 utilisations simultanées en 2013. Le graphe ci-dessous trace l'utilisation des licences sur une période d'un an d'octobre 2012 à octobre 2013.



*Utilisation des 6 jetons sur 1an*

Le nombre d'utilisations simultanées n'atteignant 6 qu'à une seule occasion sur l'année, il a été décidé lors de la réunion du comité de pilotage de renouveler les licences pour 2014 avec uniquement 4 jetons. Si cette diminution s'avère pénalisante pour les chercheurs, il sera envisageable d'acquérir une licence supplémentaire en cours d'année.

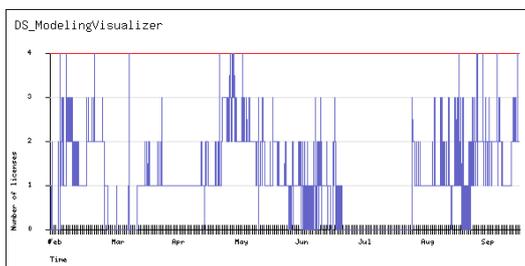
##### Accelrys

Pour l'éditeur Accelrys, la plateforme contient les logiciels Material Studio (MS) et Discovery Studio (DS) avec les modules suivants :

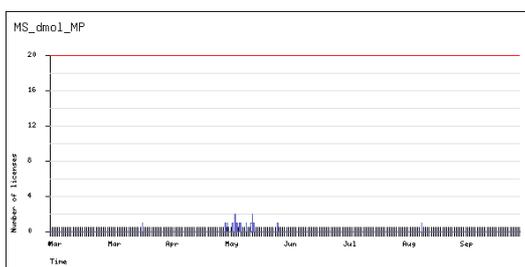
- MS Academic Standard Base : 2 licences en 2013
- MS Academic Standard Quantum : 2 licences en 2013

- DS Academic Standard Complete (tous les modules) : 4 licences en 2013

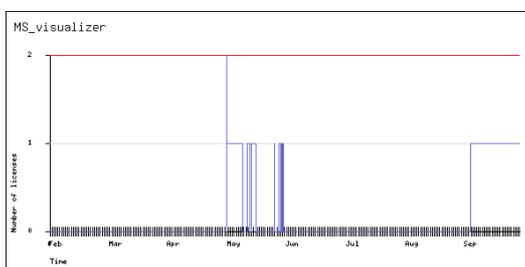
Utilisation des jetons :



*Utilisation des 4 jetons sur 1an (DS)*



*Utilisation des 2 jetons sur 1an (MS DMol)*



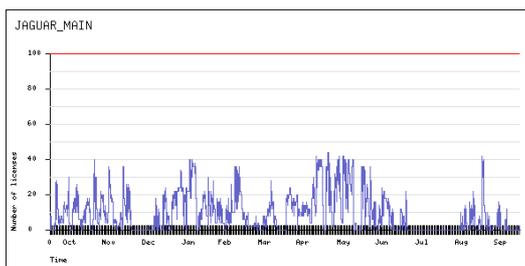
*Utilisation des 2 jetons sur 1an (MS Visualizer)*

Les licences Accelrys sont renouvelées à l'identique pour l'année 2014.

### Schrödinger

Pour l'éditeur Schrödinger, la plateforme contient le logiciel Jaguar.

Le nombre de licences est de 50 jetons. Le graphe ci-dessous trace l'utilisation des licences sur une période d'un an d'octobre 2012 à octobre 2013



*Utilisation des 50 jetons sur 1an*

Le logiciel Jaguar est principalement utilisé sur la grappe de calcul Antares.

### Matrix Science

Pour l'éditeur Matrix Science, la plateforme contient le logiciel Mascot sur un serveur dédié.

Le nombre de licence correspond à 2 utilisations simultanées. Entre le 1<sup>er</sup> janvier 2013 et le 1<sup>er</sup> octobre 2013, plus de 5180 requêtes ont été réalisées sur les différentes bases de données hébergées.

Lors de la réunion du comité de pilotage, il a été décidé d'acquérir un jeton supplémentaire pour augmenter le nombre de recherches simultanées de 2 à 3.

## **1.4. Support aux entreprises**

Le CRIHAN est sollicité par des entreprises intéressées par l'utilisation de ressources de calcul intensif. Cette activité avait été initié par le projet AMON, nom donné à l'Action Collective qui l'a soutenue jusqu'à fin 2010.

Dans le cadre du projet EQUIP@MESO coordonné par GENCI, le dispositif HPC-PME soutenu par l'INRIA et BPI France vise à faciliter l'accès des PME au calcul intensif. Les projets HPC-PME sont destinés à mettre en place la simulation HPC (High Performance Computing) dans l'entreprise ; ils portent donc sur la phase de développement, de test et de faisabilité du projet, ainsi que sur la réalisation de simulations à titre de démonstration. Deux entreprises implantées à Nantes bénéficiant de ce dispositif ont été accompagnées par le CRIHAN en 2013 ; le projet de l'une d'entre elles (INNOSEA) est détaillé dans le rapport de synthèse.

### **1.4.1. Production**

Un total de 298 616 heures a été produit par des entreprises sur les moyens du CRIHAN sur l'année 2013.

La mécanique des fluides reste la thématique principale des heures de calculs effectués par les industriels :

- Le logiciel OpenFOAM a été exploité par deux entreprises et représente un total de 32 200 heures.CPU.
- Le logiciel Fluent a été exploité par trois entreprises et représente un total de 179 000 heures.CPU.
- Enfin, 72 000 heures.CPU ont été produites avec le logiciel de modélisation atmosphérique WRF (<http://www.wrf-model.org/index.php>) par une entreprise.

Dans le domaine de la surveillance de la qualité de l'air, 11 400 heures.CPU ont été produites en 2013. En plus du modèle régional CHIMÈRE, mis en production au CRIHAN en 2012, AIR NORMAND a exploité le logiciel SIRANE (<http://www.air-rhonealpes.fr/site/article/voir/485#Article/extraire/485>), développé par le laboratoire LMFA (<http://lmfa.ec-lyon.fr/index.php>) de l'Ecole Centrale de Lyon, qui modélise la dispersion en milieu urbain et permet de simuler la qualité de l'air d'une ville, d'un quartier ou d'une rue.

### **1.4.2. Accompagnement technique et scientifique**

Cette rubrique détaille les projets ayant demandé un support conséquent de la part des équipes du CRIHAN.

### **1.4.3. Support au développement d'une plateforme aéroacoustique**

Le bureau d'étude TANGENT'DELTA (<http://www.tgdelta.com/>) est implanté sur le Technopôle du Madrillet à Saint Etienne du Rouvray. Souhaitant développer une offre dans le domaine de l'aéroacoustique, l'entreprise a réalisé un benchmark de

performance avec le logiciel d'acoustique ACTRAN, l'écoulement d'air ayant été modélisé préalablement par simulation des grandes échelles de la turbulence avec OpenFOAM.

La parallélisation des calculs sur 4 à 8 cœurs, avec ACTRAN, réduit le temps de réponse de manière significative pour le problème industriel simulé.

#### **1.4.4. Mise en exploitation de WRF**

Pour la mise en exploitation optimale du modèle WRF (<http://www.wrf-model.org/index.php>) en termes de fonctionnement et de performance, le CRIHAN a testé de multiples versions de cette application et différentes options de parallélisme (MPI) à lui appliquer.

Une configuration optimale a finalement pu être déterminée pour les besoins de l'entreprise.

#### **1.4.5. Frontalisation d'un accès graphique au calculateur**

Une entreprise nouvellement utilisatrice du service de calcul souhaite utiliser à distance des interfaces graphiques de logiciels de calcul alors le port ssh (22/tcp) n'est pas autorisé en sortie de son réseau. Le CRIHAN a donc mis en place un service spécifique permettant l'accès au calculateur iDataPlex du CRIHAN, via un serveur Guacamole (<http://guac-dev.org/>) qui frontalise un accès graphique au calculateur.

#### **1.4.6. Audit d'un code de calcul**

Le CRIHAN a été sollicité par un industriel haut-normand pour réaliser l'audit d'un code propriétaire de calcul scientifique : les performances de ce code ont été analysées afin de rédiger des propositions d'optimisation par réécriture du code (optimisation et/ou parallélisation) et par optimisation des modalités d'exploitation et/ou des architectures matérielles employées en interne par le client.

Le travail effectué au CRIHAN a donc permis de définir les axes d'optimisation et de rationalisation permettant de réduire le temps CPU de 30 à 40%. Une réécriture d'une partie du code suivant les axes préconisés par le CRIHAN est maintenant effectué par l'équipe de développement de l'application.

#### **1.4.7. Support pour l'exécution de ANSYS Fluent sur Antares**

Un industriel haut-normand a sollicité le CRIHAN à plusieurs reprises en 2013 pour exécuter un grand nombre de simulations sur 128 ou sur 32 cœurs.

L'exécution sur le cluster, sous environnement Linux et en mode batch à partir d'un fichier de commandes diffère sensiblement de l'environnement habituel de cet industriel, travaillant sous Windows et à partir de l'interface graphique du logiciel. Le CRIHAN a donc apporté son support au lancement des calculs sur architecture parallèle, et travaillé à l'automatisation de ce processus.

Au final, un grand nombre de simulation a pu être exécuté au CRIHAN. Les simulations effectuées ont servi à tester des idées d'innovation ainsi qu'à réaliser des plans d'expériences ; ces études paramétriques permettent de déduire des lois de comportement des systèmes étudiés.

## 1.5. Le support scientifique

Plusieurs types d'interventions se dégagent dans le cadre du support scientifique effectué pour les chercheurs académiques.

### 1.5.1. Support logiciel avancé

#### Parallélisation des entrées-sorties

Le CRIHAN avait implémenté en 2011 le format HDF5 compressé (réduction d'un facteur 8 des tailles de fichiers), dans un code d'aérodynamique du Professeur A. Hadjadj (INSA de Rouen / CORIA). L'approche multi-séquentielle (1 fichier par processus MPI) est le meilleur compromis (performance d'entrées-sorties / nombre de fichiers) pour des nombres de processus typiques de ceux employés sur les ressources de mésocentres.

Les développements se poursuivent depuis fin 2013 pour l'utilisation de PHDF5 (Parallel HDF5), permettant l'écriture concurrentes de processus parallèles au sein d'un seul fichier à différents pas de temps de sauvegarde. L'objectif est de réduire fortement le nombre de fichiers pour l'usage massivement parallèle du code de calcul, et donc :

- de faciliter l'exploitation de la machine BlueGene/Q de l'IDRIS ;
- de préparer un dossier de demande d'heures sur les ressources du programme européen PRACE (la parallélisation d'entrées-sorties étant la composante manquante jusque fin 2013 pour ce code de calcul sur architecture massivement parallèle).

Ce projet est mené conjointement par le CORIA, l'ECP (Ecole Centrale de Paris), l'Université de Nantes et le CRIHAN. Ce dernier est chargé de tester certains paramètres pouvant influencer sur la performance de la librairie MPI-IO, couche logicielle sur laquelle s'appuie la librairie PHDF5.

#### Benchmark du logiciel Quantum Espresso sur GPU

A la demande du Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement (<http://lasie.univ-larochelle.fr/>), le code de chimie quantique Quantum Espresso a fait l'objet d'un benchmark de performance sur l'architecture hybride CPU-GPU du calculateur iDataPlex 'Antares'. L'installation faite de Quantum Espresso permet de tester plusieurs options pouvant influencer sur ses performances sur GPU. Un calcul de structure électronique pour la portlandite (minéral entrant dans la composition des bétons) constitue le cas-test du benchmark. Les meilleures options d'utilisation des GPUs ont été déterminées ; pour une cellule de 135 atomes, elles réduisent le temps de calcul d'un facteur 2,2 (dans la comparaison MPI / GPU au mode "MPI pur" à iso-nombre de processus MPI).

#### Aide à l'exploitation du logiciel NAMD sur GPU

Pour le projet scientifique de M. Dauchez (<http://www.univ-reims.fr/site/laboratoire-labellise/fre-cnrs-3481-medyc,9863,25680.html>), le code de dynamique moléculaire NAMD 2.9 (<http://www.ks.uiuc.edu/Research/namd/>) a été mis en exploitation et validé en versions MPI, OpenMP / GPU, MPI / GPU.

Ces chercheurs ont alors exploité les GPUs du calculateur 'Antares' pour des benchmarks et de la production de résultats scientifiques en dynamique moléculaire classique, pour des systèmes de 50 000 à 250 000 atomes en protéine solvatée ou protéines et lipides solvatés.

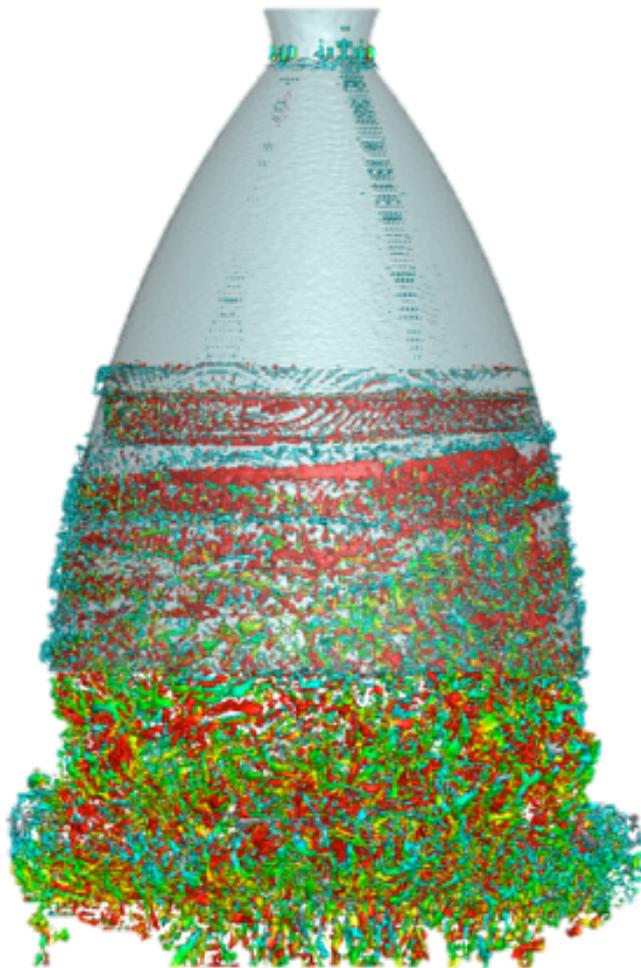
Le traitement des interactions électrostatiques sur les GPUs apporte en moyenne un gain d'un facteur 4 à 6 par rapport à une exécution MPI classique.

### Dimensionnement de calculs de CFD

Une chercheuse, postdoctorante sous la responsabilité de F.X. Demoulin (Maître de conférences Université de Rouen / CORIA) a exploité le logiciel de CFD OpenFOAM sur le ordinateur 'Antares'. Le CRIHAN lui a donné des conseils de dimensionnement de ses travaux de pré - traitement (utilitaires monoprocesseur nécessitant jusqu'à 12 Go de mémoire) et d'exploitation du solveur d'OpenFOAM (128 cœurs avec 3 Go de mémoire).

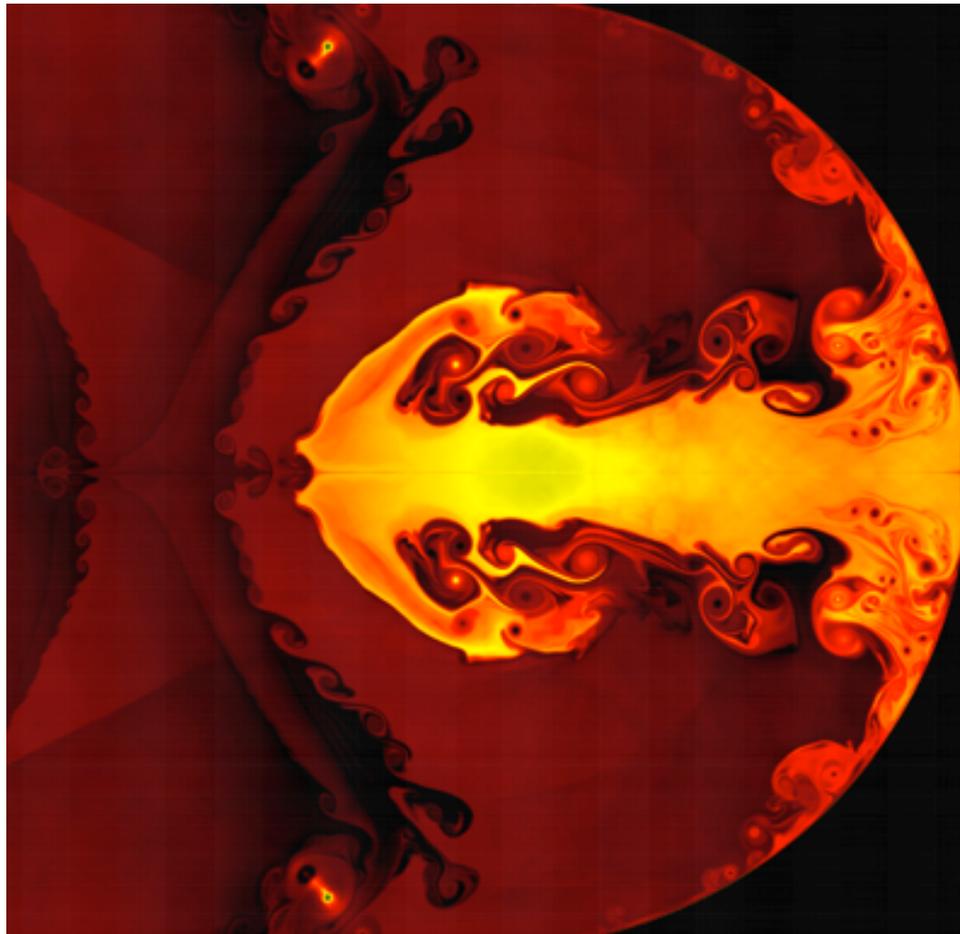
#### **1.5.2.Mésoschallenge**

En Juillet et Août 2013, le ordinateur 'Antares' a été mis à la disposition de l'équipe du Professeur A. Hadjadj (INSA de Rouen / CORIA) et de ses partenaires (Ecole Centrale de Paris et Université de Nantes). Deux problèmes physiques ont été résolus par l'utilisation intensive et massivement parallèle (3000 cœurs et 1 million d'heures.CPU) de son code CHOC-WAVES (Compressible High-Order Code based on Weno Adaptive Stencils). Le premier concerne la propagation d'ondes de choc dans une tuyère supersonique, de forme analogue à celle équipant le moteur Vulcain II du lanceur Ariane 5. Les résultats obtenus ont permis de décrire finement les phases de démarrage d'un moteur-fusée (Fig. 1) avec une amélioration sensible des critères de décollement et l'estimation des charges latérales. Ces résultats sont exploités dans le cadre du programme de recherche ATAC (Aérodynamique des Tuyères et Arrière-Corps).



*Structures tridimensionnelles se développant dans une tuyère en phase d'allumage*

Le deuxième exemple est relatif à la formation d'un mélange réactif induit par un phénomène de « Shock-focusing » en aval d'une cavité cylindrique. Il s'agit d'une nouvelle technique permettant l'allumage rapide de mélanges d'ergols pour les propulseurs aéronautiques du futur. Sur la figure 2, illustrant le champ de température instantanée, l'onde de choc est immédiatement suivie d'une détente où la libération d'énergie s'accompagne d'une accélération de l'écoulement. Des instabilités à grande échelle se forment à partir de la paroi et sont convectées en aval renforçant ainsi l'intensité de la zone de mélange.



*Mélange turbulent induit par le phénomène de « Shock-focusing »  
en aval d'une cavité cylindrique*

### 1.5.3. Mise en exploitation de logiciels

Les logiciels suivants ont été mis en exploitation sur 'Antares' :

- logiciel de chimie quantique Jaguar 8.0 à la demande de l'Institut de Recherche en Chimie Organique Fine (<http://ircof.crihan.fr/V2/>), Université de Rouen ;
- logiciel de chimie quantique QE-GPU 5.0.2 à la demande du Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement (<http://lasie.univ-larochelle.fr/>), Université de la Rochelle ;
- logiciel de chimie quantique GAMESS 2013 à la demande de l'INSERM ([http://www.biomedicale.univ-paris5.fr/iisvsp/C107\\_u648.htm](http://www.biomedicale.univ-paris5.fr/iisvsp/C107_u648.htm)), Université Paris Descartes ;
- logiciel de dynamique moléculaire NAMD 2.9 (version GPU) à la demande de l'Université de Reims Champagne Ardenne (Laboratoire : <http://www.univ-reims.fr/site/laboratoire-labellise/fre-cnrs-3481-medyc,9863,25680.html>) ;

- logiciel de calcul éléments fins CAST3M 2013 à la demande de l'Ecole Centrale de Nantes ;
- logiciel de calcul éléments finis FreeFem++ 3.25 à la demande du Laboratoire de Mathématiques de l'INSA de Rouen (<http://lmi.insa-rouen.fr/>)
- logiciel de calcul numérique Matlab 8.1 R2013a et R2013b pour le CORIA (licence de ce laboratoire) ;
- logiciel de calcul numérique Scilab 5.4.1 à la demande du Laboratoire de Mathématiques Nicolas Oresme (<http://www.math.unicaen.fr/lmno/index.html>), Université de Caen Basse Normandie ;
- Maillage éléments finis GMSH 2.8.3 à la demande du Laboratoire de Mathématiques Nicolas Oresme.

#### 1.5.4. Interventions diverses

Le CRIHAN apporte de manière régulière une aide :

- à l'utilisation des outils de compilation de codes et de soumission des travaux ;
- à la détermination de la quantité de mémoire nécessaire à un cas d'étude, au besoin en réservant un nœud de calcul pour quelques heures ;
- à la mise en données spécifique à certains logiciels de chimie tels que GAUSSIAN ou JAGUAR.

#### 1.6. Communication et information scientifique

Dans le cadre des actions d'animation scientifique d'Equip@Meso, le CRIHAN a organisé le 16 Mai 2013 un colloque de mécanique des fluides numérique intensive (<http://equipameso-cfd2013.crihan.fr>). Ce colloque s'est déroulé dans les locaux du CORIA et a bénéficié du soutien de la société IBM.

Différentes équipes (Rouen, Lyon, Nantes, Toulouse, Strasbourg, Reims) ont présenté leurs travaux sur des applications variées. La matinée a porté sur les méthodes numériques en hydrodynamique navale, combustion et étude théorique de la turbulence. L'après-midi a porté sur les modèles physiques dans des domaines novateurs comme la simulation des écoulements sanguins cérébraux en géométries réalistes, le mouvement de micro-organismes en écoulements turbulents, l'interaction fluides turbulents - structures 3D en faisceau de tubes coudés et la simulation de la qualité de l'air. Véritable moment d'échanges, cette journée a permis de balayer différentes méthodes de résolution (LES, SPH, méthodes spectrales) et d'appréhender la complémentarité qu'apportent les mésocentres aux équipes travaillant également sur les moyens nationaux ou européens.

Environ soixante-dix personnes ont assisté à la journée : doctorants, ingénieurs, chercheurs, enseignants-chercheurs, ainsi que quelques industriels.

Les exposés étaient retransmis en direct sur le site internet du CRIHAN, et sont maintenant disponibles en ligne.

## 1.7. Veille technologique

### 1.7.1. Conférence SC'13

Pour la première fois, le projet Equip@Meso s'est organisé en délégation pour participer à SuperComputing, le salon mondial le plus important pour le HPC qui se tient chaque année aux Etats-Unis. Deux ingénieurs du CRIHAN se sont joints à cette délégation de 11 personnes, provenant de 6 mésocentres ainsi que de GENCI, afin de participer aux rencontres organisées, à Denver, avec 8 constructeurs lors de réunions dédiées.

Tous les constructeurs rencontrés ont impliqué des personnalités de premier plan de leur entreprise pour présenter leurs produits, leur vision, et leurs collaborations à l'ensemble des partenaires. Cela montre à la fois la plus-value de se déplacer en délégation (représenter un poids plus important) et l'intérêt de ces grands événements qui rassemblent des personnes inaccessibles en France ou en Europe.

Indépendamment de ces réunions avec la délégation Equip@meso, l'objectif pour les ingénieurs du CRIHAN était de s'informer sur les évolutions technologiques en cours, en vue du prochain renouvellement de machine et des nouvelles problématiques liées au stockage de données. Un rapport interne destiné à l'équipe du CRIHAN a été produit suite à ce déplacement.

### 1.7.2. Plateforme de test d'une solution SYSFERA avec le méso-centre de Champagne-Ardenne

Cette étude a été réalisée en mode collaboratif entre octobre 2012 et juin 2013 dans le cadre du projet equip@meso par les partenaires suivants :

- La société SysFera
- Le Centre de Ressources Informatiques de HAute-Normandie, CRIHAN
- L'Université de Reims Champagne-Ardenne URCA - Centre de Calcul de Champagne-Ardenne ROMEO.

#### Objectifs de l'étude

L'étude portait sur une preuve de concept d'interface Web d'accès aux 2 calculateurs Clovis et Antares pour des utilisateurs des 2 centres de calcul, afin de pouvoir réaliser les opérations suivantes :

- Soumission de calculs sur les 2 calculateurs
- Accès à une liste d'applications pré-paramétrées
- Transfert de fichiers de et vers les calculateurs
- Suivis des calculs en cours
- Visualisation graphique des données

L'objectif visé était double : simplifier l'accès aux ressources, et offrir une interface unique à des utilisateurs des deux calculateurs.

Les principaux utilisateurs des centres de calcul sont des chercheurs académiques qui calculent à l'année. Ils sont généralement familiers aux connexions vers des machines sous environnement Linux et au mode "ligne de commande" qui apporte puissance et souplesse dans le traitement des fichiers et dans la soumission des travaux. Une thèse durant environ 3 ans, l'investissement en temps de formation à ces outils est justifié par la durée d'utilisation des ressources.

La facilité d'accès au calculateur devient un critère important pour des utilisateurs qui ne sont pas familiers aux connexions vers des machines sous environnement Linux et au mode "ligne de commande". C'est le cas en particulier des utilisateurs non universitaires,

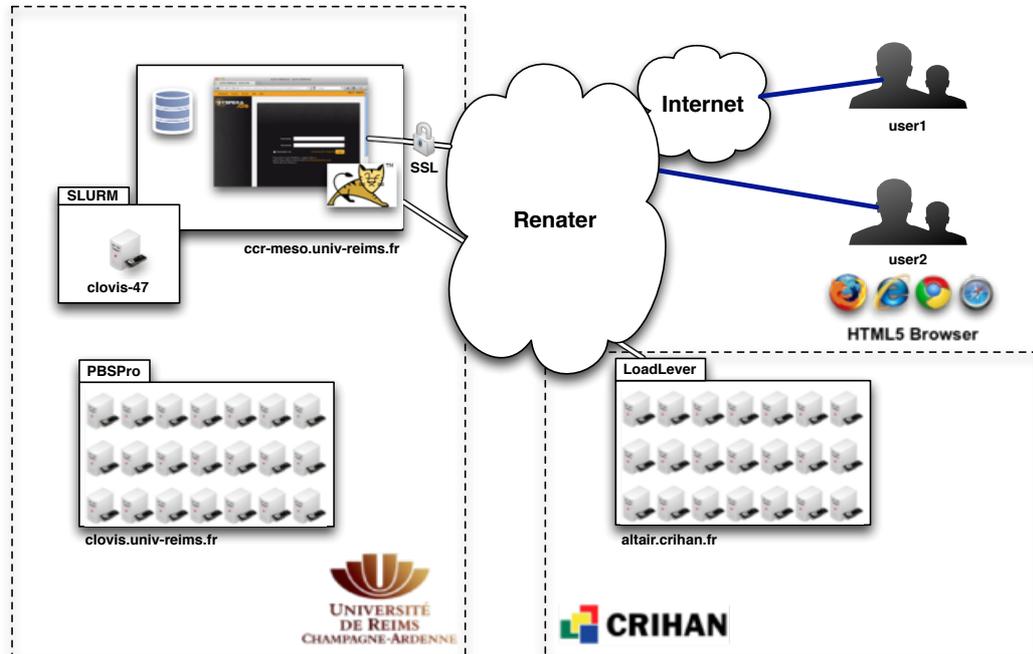
issus de PME ou de bureaux d'étude, dont le besoin correspond à l'utilisation d'un logiciel précis pour traiter un cas trop lourd pour être exécuté sur leur poste de travail. Ce logiciel est en général connu uniquement à travers une interface graphique, sous environnement Windows. L'accès au centre de calcul se limite généralement à la durée du besoin en puissance de calcul, de quelques jours à quelques semaines. Dans ces conditions, l'accès doit être simple et efficace. L'interface Web de type portail de soumission est l'outil le plus simple et le plus adapté car il ne nécessite aucune installation sur le poste client, et est compatible avec les pare-feu généralement installés.

Concernant l'accès à deux calculateurs distincts, les partenaires consortium Equip@meso se sont accordés pour la mise en commun d'une partie de leurs ressources, de l'ordre de 10%. Il s'agit pour un utilisateur d'un partenaire d'accéder à des ressources complémentaires ou spécifiques en termes de matériel et de logiciel. La solution envisagée permettrait donc de faciliter le passage d'un ordinateur à l'autre pour les utilisateurs au moyen d'une interface unique.

### Solution déployée

L'outil WebBoard proposé par SysFera a été déployé sur un serveur du centre de calcul de Reims ([ccr-meso.univ-reims.fr](http://ccr-meso.univ-reims.fr)) afin d'adresser les frontales et les serveurs de batch des deux calculateurs. Pour cela, des démons sysfera étaient exécutés en tâche de fond sur les frontales des deux clusters, sans droits particuliers donc en tant qu'un utilisateur 'normal'. Les communications entre le WebBoard et les comptes des utilisateurs sur les clusters utilisaient le protocole SSH, alors que les communications entre l'interface du WebBoard et les serveurs de soumission de travaux utilisaient des API.

La configuration déployée est représentée sur le schéma ci-dessous :



### Retour d'expérience sur la solution déployée

Toutes les fonctionnalités testées ont été validées, la visualisation étant fonctionnelle uniquement sur le serveur de visualisation de Clovis. On note que la gestion du mode multi-cluster / multi-site est fonctionnelle mais n'est pas adaptée à la gestion des identifiants et des espaces utilisateurs qui est propre à chaque site.

L'outil mis en place permet effectivement de simplifier l'accès aux solutions de calcul de type HPC, car l'interface permet la soumission efficace de calculs. La prise en main est rapide pour les utilisateurs et toutes les fonctionnalités principales sont présentes : transfert de fichiers de et vers le calculateur, soumission du calculs et consultation de l'évolution du calcul. De plus, la soumission de calcul devient pour l'utilisateur indépendante du gestionnaire de batch installé sur le calculateur.

La solution présente également l'avantage de faciliter le suivi des calculs en cours, et de fonctionner quand seuls les ports 80/443 sont ouverts, ce qui peut être le cas de chercheurs en déplacement ou de certains utilisateurs industriels. La solution présente également l'avantage de fonctionner quand le débit vers le centre de calcul est faible ou fluctuant.

Enfin, un paramétrage de chaque application utilisée doit être développé dans l'interface. Les mésocentres gérant une grande quantité d'applications, la généralisation de l'outil nécessiterait donc un grand travail de paramétrage et/ou d'en restreindre l'usage à quelques applications cibles. On note cependant que les scripts permettant ce paramétrage sont complètement décorés de l'interface Web, permettant sa mise à jour sans impact sur les fonctionnalités développées.

### **Conclusions de l'étude**

Les tests effectués ont permis de vérifier que l'outil répond au besoin d'utilisation simplifiée des ressources d'un centre de calcul à travers une interface web.

Nous considérons que l'adoption de ce fonctionnement sera faible pour nos anciens utilisateurs respectifs qui ont déjà des habitudes et qui utilisent également les calculateurs au delà de la simple soumission (post-traitement, développement, debugging, etc.). Nous incitons également les nouveaux utilisateurs doctorants à se familiariser avec l'environnement Linux qui sera bénéfique pour eux.

Toutefois, en cas de déplacement à l'étranger ou dans des lieux autorisant uniquement les accès Web en sortie, l'interface Web devient un outil extrêmement pratique et complémentaire du mode commande.

Le public visé est un profil non informaticien, souhaitant utiliser une boîte noire HPC sans perdre un temps d'apprentissage tout en restant autonome dans ses soumissions.

Le deuxième point concernant la mutualisation de ressources entre mesocentres est plus complexe. L'outil SysFera est fonctionnellement adapté pour une structure ayant une gestion unifiée de ses utilisateurs sur les différentes ressources mises à disposition. Or chaque mésocentre est autonome dans la gestion de ses utilisateurs. La problématique d'authentification soulevée dépasse donc le cadre de cette étude.

## 2. Réseau Régional pour l'Enseignement et la Recherche

### 2.1. Indicateurs 2013

Les principaux indicateurs de l'activité du Réseau Régional pour l'Enseignement et la Recherche SYRHANO sont présentés dans le rapport de synthèse.

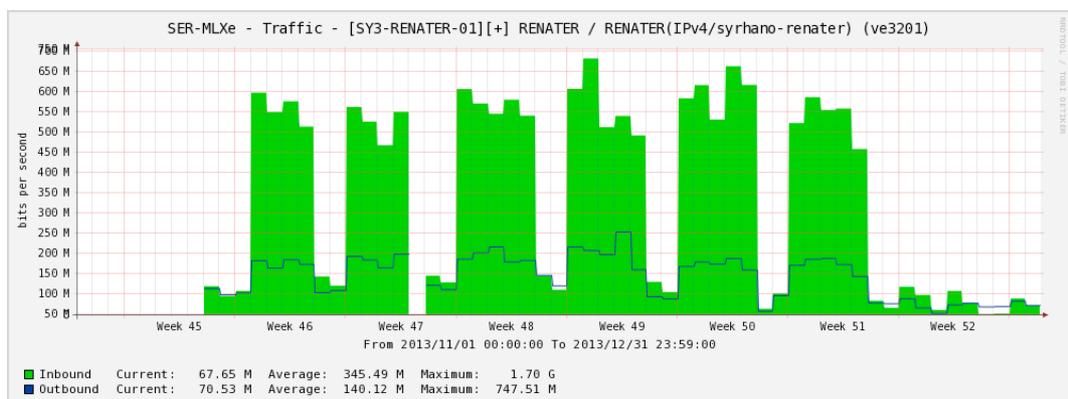
Les chiffres significatifs sur le plan technique sont présentés dans ce rapport :

- Nombre de points de présence sur SYRHANO : 17
- Nombre de sites raccordés : 500
  - 62 directement sur un POP (site co-localisé avec un POP ou utilisation d'une liaison louée par le site)
  - 438 via un réseau de collecte
- Nombre de tickets d'incidents : 74
  - dont 38 liés à l'environnement offert par les sites hébergeurs de POPs (coupures électriques, maintenances diverses)
- Nombre de tickets de travaux : 213

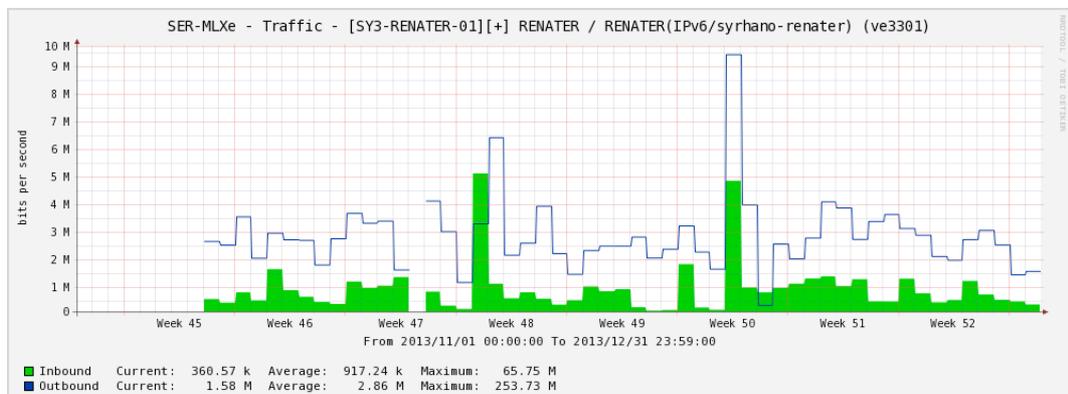
#### 2.1.1. Débit moyen des liaisons

NB : les trois graphes présentés ci-dessous ne concernent que la fin de l'année, du fait de la migration des raccordements de SYRHANO sur les nouveaux équipements Brocade en novembre.

- Débit moyen de la liaison RENATER

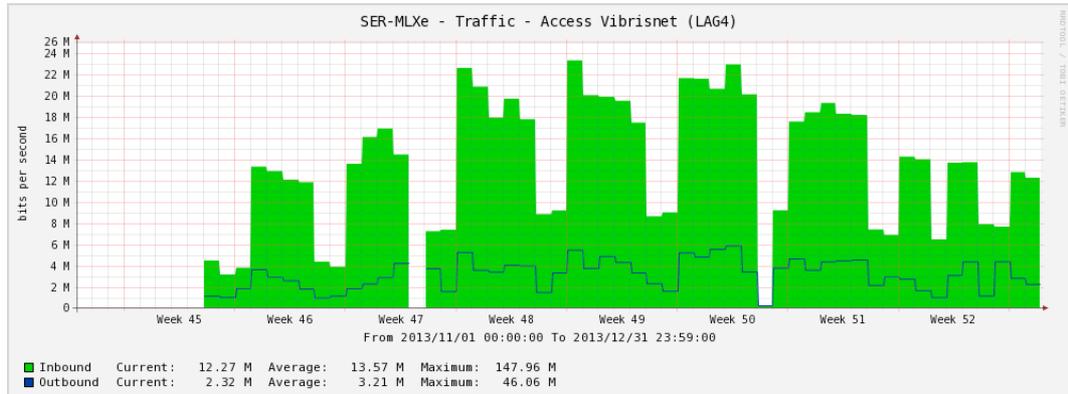


*Débit moyen du raccordement SYRHANO-RENATER - IPv4*



*Débit moyen du raccordement SYRHANO-RENATER - IPv6*

• Débit moyen de la liaison Internet de secours



*Débit moyen du raccordement SYRHANO-liaison internet de secours*

## 2.2. Évolutions de SYRHANO en 2013

Le réseau SYRHANO est constitué de plusieurs points de présence (PoP). L'interconnexion de ces derniers constitue l'épine dorsale du réseau régional Haut-Normand. Les sites utilisateurs (Universités, grandes écoles, Centres Hospitaliers) se raccordent au réseau SYRHANO via ces points de présence.

L'année 2013 a permis d'une part l'augmentation du débit des liaisons entre les PoP principaux et d'autre part la création d'un nouveau PoP en Basse-Normandie, qui va permettre les évolutions suivantes pour le réseau SYRHANO :

- création d'un second raccordement au réseau RENATER pour le réseau SYRHANO ;
- interconnexion des réseaux régionaux haut et bas normands en s'affranchissant de l'infrastructure de RENATER ;
- proposition, à terme, de services homogènes sur tout le territoire Normand (notamment dans le cadre de la ComUE).

### 2.2.1. Nouvelles liaisons / épine dorsale

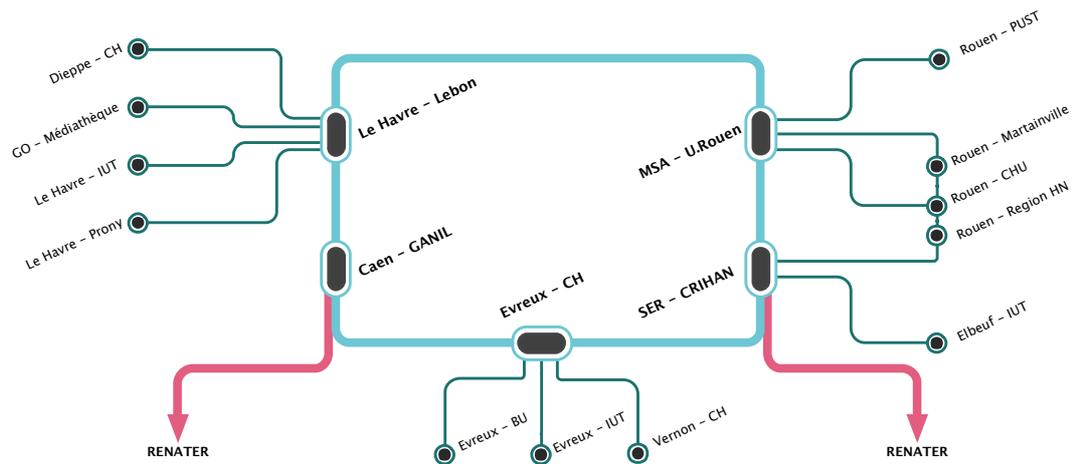
Le périmètre du réseau SYRHANO a évolué en 2013 et s'agrandit avec la création d'un nouveau point de présence à Caen, en Basse-Normandie. L'épine dorsale est désormais constituée d'une boucle à 10 Gbit/s formée par les points de présence suivants :

- Le Havre (Université - site Lebon) ;
- Mont-Saint-Aignan (Rouen Nord) ;
- Saint-Etienne du Rouvray (Rouen Sud) ;
- Evreux (Centre Hospitalier de Cambolle) ;
- Caen (GANIL).

D'autres points de présence dit «pendulaires» sont raccordés à cette boucle :

- Le Havre (IUT Schuman et Prony) ;
- Dieppe ;
- Gonfreville l'Orcher ;
- Evreux (BU et IUT) ;
- Vernon (Centre Hospitalier).

Un synoptique de l'épine dorsale du réseau est présenté sur le schéma suivant.



*Synoptique de l'épine dorsale du réseau SYRHANO - 2013*

### Description des nouvelles liaisons 10G SYRHANO

Le réseau InterCampus (réseau de fibres optiques noires sur l'agglomération de Rouen) est utilisé pour l'interconnexion des points de présence de Mont-Saint-Aignan et de Saint-Etienne du Rouvray. InterCampus permet aussi le raccordement des points de présence «pendulaires» situés sur l'agglomération de Rouen :

- Martainville (Faculté de médecine-pharmacie) ;
- PUST (Faculté de droit et sciences du tertiaire) ;
- CRHN (Hôtel de Région) ;
- Elbeuf (avec également une location de fibres optiques à la CREA pour le raccordement de ce point de présence sur celui de Saint-Etienne du Rouvray).

SYRHANO ne dispose pas de fibres optiques noires sur les autres parties du territoire Haut-Normand. Il est donc nécessaire de louer des liaisons auprès des opérateurs de télécommunications pour l'interconnexion des autres points de présence.

A cet effet, un appel d'offres avait été lancé et le marché avait été attribué à France Télécom en 2012. Au début de l'année 2013, plusieurs rencontres ont eu lieu avec l'opérateur afin de préparer la mise en place de ces nouvelles liaisons (visites sur sites, installation des équipements de l'opérateur sur les sites hébergeurs de point de présence SYRHANO). Les liaisons louées sont des liens Ethernet point à point sécurisés au sein de l'infrastructure optique WDM de l'opérateur.

La livraison des liaisons 10 Gbit/s est intervenue à la mi-2013. Le retard pris est imputable à l'opérateur qui a dû installer des équipements WDM supplémentaires dans son cœur de réseau afin de pouvoir construire ces liaisons 10 Gbit/s.

La liaison entre les points de présence du Havre et de Mont-Saint-Aignan est la dernière à avoir été mise en service. Celle-ci est intervenue en octobre. Le retard est dû à la construction de la liaison optique sur le secteur de l'Université du Havre puis à un mauvais paramétrage des équipements WDM de l'opérateur.

Le renouvellement des liaisons a permis une augmentation des débits sur certaines liaisons et une meilleure sécurisation du réseau régional SYRHANO. Cela va permettre de répondre aux besoins croissants des établissements en bande passante (illustration : transfert de données dont la volumétrie est importante vers l'espace de stockage mutualisé de SYRHANO utilisé par les activités de recherches des différents laboratoires présents au sein des Universités).

L'Université de Rouen a, en 2013, fait évoluer le débit de raccordement de son site principal à Mont-Saint-Aignan pour le porter à 10 Gbit/s.

La création d'un point de présence à Caen (où est présent un noeud RENATER) permet également de sécuriser le raccordement de SYRHANO sur le réseau national RENATER. En effet, SYRHANO sera raccordé à deux noeuds RENATER : Caen et Rouen. VIKMAN, réseau régional Bas-Normand, aura également la possibilité de sécuriser son raccordement au réseau national, en utilisant l'infrastructure de SYRHANO.

Par ailleurs, cette présence en Basse-Normandie va permettre, à terme, de simplifier et sécuriser l'interconnexion des deux réseaux régionaux, SYRHANO et VIKMAN, et ce, en s'affranchissant du réseau RENATER. En effet, actuellement, l'interconnexion des réseaux régionaux Haut et Bas Normands est réalisée au travers de RENATER via une liaison L2VPN.

### **2.2.2. Renouvellement des équipements**

Le renouvellement des liaisons s'accompagne d'une augmentation des débits, jusqu'à 10 Gbit/s. Il est ainsi nécessaire de procéder au remplacement des équipements actifs du coeur de réseau pour assurer l'évolution vers les très hauts débits.

Des équipements actifs de la gamme MLX de l'équipementier Brocade ont été installés au sein des points de présence principaux de SYRHANO qui constituent la boucle à 10 Gbit/s. Les anciens équipements Cisco ont été retirés et l'ensemble des raccordements ont été migrés sur ces nouveaux équipements entre les mois d'août et de novembre. En revanche, les équipements installés au sein des points de présence dits «pendulaires» ont été conservés, et SYRHANO est désormais constitué d'équipements Brocade et Cisco.

A la fin de l'année 2013, le niveau 2 a été déployé sur les équipements Brocade afin d'avoir les mêmes fonctionnalités et services fournis par les anciens équipements. Des problèmes de configuration du protocole spanning-tree sur les équipements Brocade ont été rencontrés. Les équipes techniques de Brocade ont été sollicitées et ont apporté leur aide.

Une maquette a été mise en place pour préparer l'installation du niveau 3 sur les Brocade et leur intégration avec les deux routeurs Cisco existants. Des problèmes ont été rencontrés lors de l'intégration des Brocade au réseau IS-IS configuré sur les deux routeurs Cisco. Les équipes techniques de Brocade ont à nouveau été sollicitées et ont apporté leur aide. Ces différents aléas retardent la migration des raccordements de niveau 3 sur les équipements Brocade.

L'installation de nouveaux équipements va permettre de faire évoluer l'architecture du réseau régional en utilisant les nouvelles technologies telles que VPLS (service Ethernet multipoint à multipoint fonctionnant au dessus d'un réseau IP). Le réseau SYRHANO va passer d'un mode commuté à un mode routé. Un des principaux avantages est la réduction des temps de convergence par rapport à la configuration actuelle du réseau SYRHANO.

### **2.2.3. Renouvellement du marché exploitation**

L'exploitant doit assurer la supervision du réseau 24h24 et 7j/7 et gérer l'exploitation du réseau au quotidien (configuration des équipements, ouverture de tickets d'incidents et interface avec les sites utilisateurs et les opérateurs).

A la mi-2013, une consultation a été lancée pour l'exploitation du réseau régional SYRHANO. Contrairement aux consultations précédentes, cette dernière a été menée conjointement avec le Conseil Régional de Basse-Normandie, maître d'ouvrage du réseau régional bas-normand VIKMAN. Avoir le même exploitant pour les deux réseaux régionaux répond à l'objectif de proposer des services réseaux homogènes aux utilisateurs, notamment à ceux de la ComUE Normandie Université.

## 2.2.4. Travaux réalisés en 2013

### Modifications au niveau des points de présence

Trois nouveaux POPs (point de présence) ont été créés en 2013 :

- à Saint-Etienne du Rouvray, dans le Centre de Données Régional (CDR), où ont été installés le nouvel équipement Brocade et les liaisons 10 Gbit/s vers Evreux et Mont-Saint-Aignan (Rouen Nord). Ce POP remplacera à terme celui hébergé par le CRIHAN. Il s'agit du plus gros POP SYRHANO ;
- au Havre, dans le laboratoire COREVA, pour le raccordement de sites de l'Université du Havre et de l'antenne havraise de l'INSA de Rouen ;
- à Caen, au GANIL, pour une présence de SYRHANO en Basse-Normandie (secours du raccordement à RENATER et interconnexion avec le réseau VIKMAN).

Une action de coordination avec l'Université de Rouen a été menée afin de modifier le raccordement des différents sites à SYRHANO (utilisation de l'infrastructure optique de l'Université de Rouen). Le point de présence situé dans les locaux de l'UFR des Lettres et Sciences Humaines a été supprimé. Il avait été créé pour pallier à un manque de fibres optiques disponibles dans ce secteur pour le raccordement de sites de l'Université de Rouen, du CROUS et l'école de commerce Néoma. Suite à la refonte du réseau optique de l'Université de Rouen et au déplacement du point de présence SYRHANO, Mont-Saint-Aignan Université, en 2012 dans le centre de données de l'Université de Rouen, ce POP n'a plus raison d'être et a été supprimé.

### Raccordement des premiers sites en 10G

SYRHANO offre désormais la possibilité aux sites qui le souhaitent de bénéficier d'un raccordement à 10 Gbit/s sur SYRHANO.

Depuis sa mise en service en 2012, le Centre de Données Régional 2012 est connecté à 4 x 10 Gbit/s sur le réseau régional. Le site principal de l'Université de Rouen, à Mont-Saint-Aignan, a augmenté son débit de raccordement à SYRHANO pour le porter à 10 Gbit/s.

D'autres sites ont émis le souhait de porter leur débit de raccordement à SYRHANO à 10 Gbit/s en 2014. Ils doivent équiper leurs matériels réseaux en conséquence. Il s'agit, entre autres, de l'Université du Havre, de l'INSA de Rouen et de sites de l'Université de Rouen, en particulier de l'UFR de médecine-pharmacie où les activités de recherche nécessitent une bande passante réseau importante.

### Secours RENATER via le NR de Caen

En 2012, le réseau SYRHANO possédait un double raccordement au réseau RENATER sur le NR (Noeud de Raccordement) de Rouen situé au CRIHAN.

Suite à la création du POP SYRHANO à Caen, au Ganil, le second raccordement de SYRHANO à RENATER a pu être migré au NR de Caen. Cette migration a pour effet d'assurer une meilleure redondance en cas d'incident au CRIHAN, et de passer ce second raccordement de 1 Gbit/s à 10 Gbit/s.

La seconde liaison de niveau 3 n'est pas encore au débit 10 Gbit/s de bout en bout. Cela sera le cas en 2014 lors de la configuration du niveau 3 sur les équipements Brocade et l'arrêt des deux routeurs Cisco, notamment celui installé au Havre.

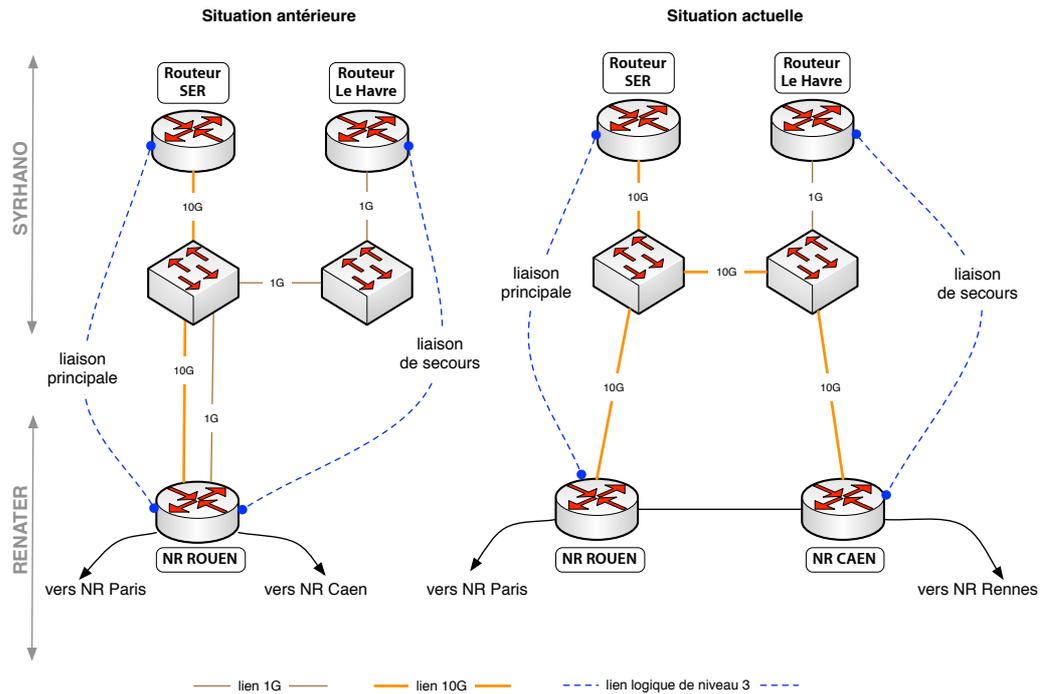
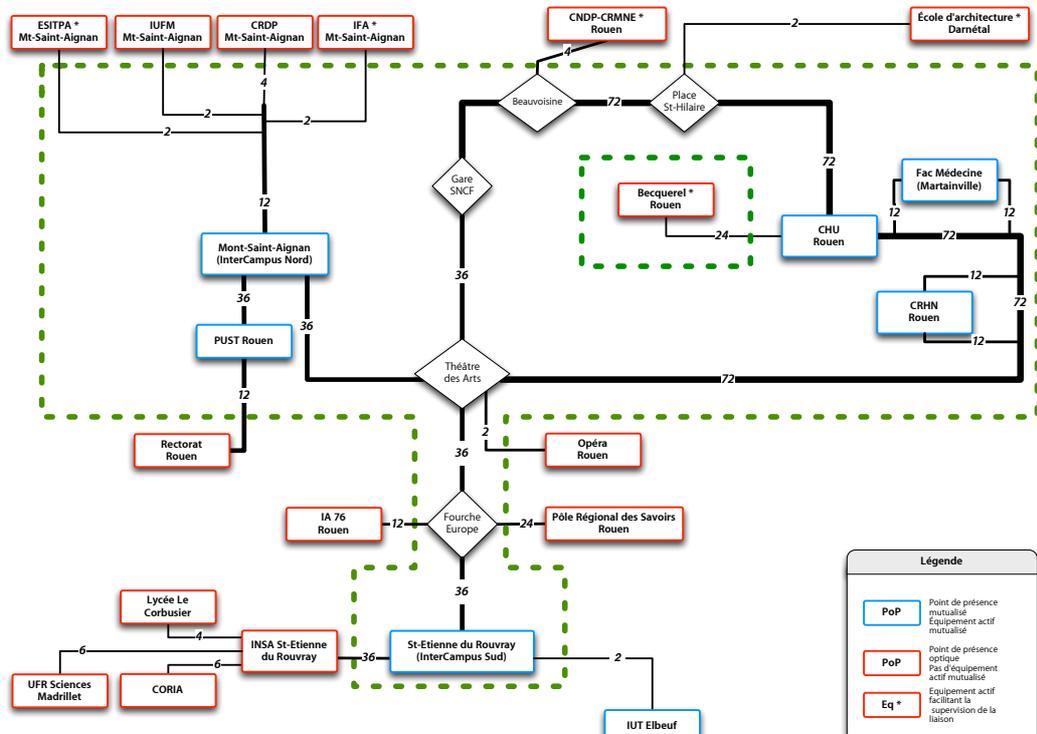


Schéma de raccordement de SYRHANO au réseau RENATER - Évolution 2013



Synoptique du réseau optique InterCampus - 2013

### 2.3. InterCampus

InterCampus est le réseau de fibres optiques déployé par le CRIHAN sur l'agglomération rouennaise. Un synoptique de ce réseau est disponible sur la page précédente. Le noyau de ce réseau a vu le jour en 2000. Depuis, presque chaque année, il évolue, par ajout de sites du domaine de l'enseignement supérieur, par la création de boucles de sécurité, ou encore en raison de modifications de tracés (comme tout réseau d'infrastructure utilisant le domaine public peut y être contraint). Ces différents travaux supposent une forte implication des équipes techniques du CRIHAN, pour les pré-études puis le suivi des chantiers, aussi bien pour ce qui est du génie civil que des aspects proprement réseau.

#### 2.3.1. Travaux réalisés en 2013 sur le réseau Intercampus

En 2013, il n'y a pas eu de raccordement de nouveau site sur le réseau InterCampus.

En revanche, des travaux ont dû être réalisés suite à des incidents.

##### Incident MSA été 2013

Le réseau InterCampus a subi un sinistre en août 2013 sur le secteur du sentier de la Croix de l'Épine à Mont-Saint-Aignan. Une section de câble a été endommagée accidentellement lors d'un chantier. Deux sites se sont trouvés temporairement totalement isolés, sans que cela ait une grande incidence du fait de la période à laquelle a eu lieu l'incident. L'impact pour les sites raccordés au POP SYHRANO de Mont-Saint-Aignan Université a été faible car le trafic a été re-routé via la liaison SYRHANO vers le Havre. Les réparations, consistant au remplacement d'une section de câble sur plusieurs centaines de mètres et à la mise en place d'une boîte d'épissurage, ont été effectuées rapidement par le mainteneur.

Quelque temps après cette réparation, un autre sinistre a eu lieu sur la section de câble réparée. Le câble a été en partie endommagé par écrasement dans une chambre de tirage. Aucun site n'a été impacté par ce deuxième incident, seule une liaison de secours a été concernée et a permis de nous alerter sur cette casse.

A la fin de l'année 2013, après les conclusions de son expertise, l'assureur a indiqué qu'il prenait en charge les travaux. Ces derniers doivent être programmés au début de l'année 2014 en concertation avec le mainteneur.

##### CRHN : réparation définitive

Les travaux de réparation définitive du câble de fibres optiques endommagé lors de travaux de réfection du bâtiment Fontenay à l'Hôtel de Région en 2009 ont eu lieu cette année. Ils ont été pris en charge par le Conseil Régional. Le CRIHAN a été consulté et a participé à la réunion préparatoire aux travaux.

#### 2.3.2. Travaux prévisionnels pour 2014 sur le réseau Intercampus

##### CNED

L'antenne de Rouen du CNED est située à Mont-Saint-Aignan. Pour se raccorder à SYRHANO, ce site utilise actuellement une liaison hertzienne (BLR) louée chez un opérateur. En 2012, une étude de faisabilité technique avait été menée par le CRIHAN pour raccorder le site via le réseau InterCampus. A la fin de l'année 2013, le CNED a repris contact avec le CRIHAN pour concrétiser ce projet.

Les différents documents de l'étude réalisée en 2012 ont ainsi été mis à jour. Le CNED a lancé une consultation pour les travaux qui sont à sa charge : travaux de génie civil afin de raccorder le bâtiment à une chambre de tirage de la CREA située à proximité. Le CRIHAN se charge de coordonner et d'organiser les travaux à réaliser sur le réseau InterCampus ainsi que les interconnexions avec le réseau optique de la CREA. En effet, il

est nécessaire de louer une paire de fibre optique à la CREA sur environ deux kilomètres pour rejoindre le réseau InterCampus au niveau de l'IFA à Mont-Saint-Aignan, rue du Tronquet.

Les travaux devraient avoir lieu au début de l'année 2014. Le CRIHAN a été consulté à plusieurs reprises pour avis et conseils.

#### Sites à Rouen via Ville de Rouen

Le CRIHAN et le Rectorat de Rouen ont rencontré la Ville de Rouen en janvier 2013 pour étudier la faisabilité de raccorder les lycées et collèges situés sur la commune de Rouen. L'idée est d'utiliser des fibres optiques de la Ville de Rouen pour raccorder les sites sur InterCampus in fine. Actuellement, InterCampus et le réseau de la Ville de Rouen sont présents à la station de métro Théâtre des Arts et à la sous-station technique Beauvoisine.

Les premiers sites à l'étude sont le collège Fontenelle, situé avenue de la porte des Champs face au Conservatoire et le lycée Pierre Corneille, situé rue Louis Ricard à proximité de l'Hôtel de Ville. De plus, la région Haute-Normandie est également intéressée pour le raccordement de la future annexe de l'Opéra qui sera située sur le site du lycée Corneille, ce qui permettra de mutualiser le raccordement optique pour les deux structures.

Par ailleurs, lors de cette réunion, la Ville de Rouen a sollicité InterCampus pour le raccordement d'un de ses sites situé à proximité de l'Inspection Académique.

Suite à la réunion de janvier, un compte rendu a été rédigé par le CRIHAN et transmis à l'ensemble des participants. A ce jour, ce dossier reste en attente d'éléments techniques et de décision de la part de la Ville de Rouen.

#### Neoma BS

Le CRIHAN a été sollicité par l'école de commerce Néoma située à Mont-Saint-Aignan pour étudier un second raccordement optique pour le site. Cette seconde liaison viendrait en remplacement de la liaison «collecte» souscrite par le site et qui a un faible débit.

Une réunion téléphonique a eu lieu avec la CREA pour étudier une solution avec une location de fibre optique CREA, montage similaire à ce qui est réalisé pour le raccordement de l'école d'architecture et de l'Opéra de Rouen.

La solution proposée est de créer une liaison entre le site et le POP SYRHANO situé au CHU Rouen avec une location de fibres optiques à la CREA sur environ 15 kms et l'utilisation de deux fibres optiques sur le câble CCI depuis l'école Néoma jusqu'à la boîte d'épissurage de la CREA.

Le projet est en cours d'étude et devrait se concrétiser en 2014.

### **2.3.3. Exploitation et maintenance du réseau Inter-campus**

#### Marchés publics

L'exploitation au quotidien du réseau InterCampus peut se décomposer en deux parties :

- les travaux liés à l'extension du réseau et sa maintenance ;
- la gestion des DR/DICT (demande de renseignements et déclaration d'intention de commencement de travaux). Pour indication, le nombre des demandes gérées se monte à environ 2 394 pour l'année 2013.

Ces tâches sont sous-traitées à des entreprises extérieures, dans le cadre de marchés publics. Ainsi, la gestion des DR/DICT est assurée par Citéos, et Graniou Normandie assure la réalisation des travaux et la maintenance du réseau InterCampus.

### Décret anti-endommagements

Suite à une évolution de la réglementation, tout exploitant d'un réseau (télécommunications, assainissement, gaz, électricité, ...) a l'obligation de déclarer l'implantation de celui-ci sur un portail gouvernemental unique, et les entreprises qui réalisent des travaux ont l'obligation de prendre connaissance de l'implantation des différents réseaux. Cette réforme vise à réduire les risques d'endommagement et les risques d'accident sur les chantiers.

Il a ainsi été nécessaire de mettre en ligne avant le 1er juillet 2013 l'implantation du réseau InterCampus en respectant les pré-requis imposés par le portail et ainsi être en conformité avec le décret «anti-endommagement».

Le fait de déclarer avec précision l'implantation du réseau a aussi permis de diminuer le nombre de DR/DICT traitées.

### Documentation de l'infrastructure

Le dossier de synthèse regroupe un ensemble de documents indispensables à l'exploitation et la maintenance du réseau. Ces documents ont été mis à jour à l'issue des opérations qui ont eu lieu en 2013 afin que le dossier soit en accord avec la réalité du terrain.

Le dossier de synthèse est constitué des éléments suivants :

- une partie administrative contenant
  - la procédure d'accès aux locaux hébergeant l'infrastructure et aux équipements ;
  - le mode de gestion des DR/DICT ;
- une partie technique contenant
  - le synoptique général du réseau InterCampus ;
  - le recensement du jarretière et les routes optiques ;
  - les plans des boîtes d'épissurage ;
  - le code couleur utilisé pour le raccordement des câbles (cela permet de l'imposer aux différents intervenants pour s'assurer d'une certaine homogénéité sur le réseau).

Le dossier technique a été conçu par le CRIHAN qui assure sa mise à jour suite aux différentes opérations réalisées sur le réseau InterCampus (raccordement d'un nouveau site ou modification d'une route optique par exemple).

Le dossier est transmis au mainteneur après chaque modification. Il lui sert pour sa mission d'exploitation et de maintenance ainsi que de référence pour les documents réalisés notamment pour le nommage des lieux.

## **2.4. Système d'information SYRHANO**

En 2011, le CRIHAN s'était engagé dans la réalisation d'un nouveau système d'information, pour accompagner l'évolution de la gestion administrative et technique du réseau régional SYRHANO.

Après un premier développement suivi d'une évolution du cahier des charges fonctionnel, une première version du système était prêt à accueillir l'ensemble des données administratives et techniques fin novembre 2012. Il est en production depuis décembre 2012, pour les fonctionnalités administratives, et le développement s'est poursuivi en 2013 pour les fonctionnalités techniques. En particulier, en septembre 2013, un service Web a été ajouté à ce système d'information pour exporter les données vers l'exploitant CRT.

### Objectifs

Le système d'information doit permettre au CRIHAN de gérer l'ensemble des informations administratives et techniques du réseau SYRHANO, en assurant les fonctions suivantes :

- obtenir les coordonnées et les contacts pour les sites qui sont raccordés au réseau ;
- fournir les éléments de facturation des services et les éléments comptables associés ;

- fournir les éléments d'information qui sont nécessaires à l'exploitation technique du réseau ;
- exporter les données techniques vers l'exploitant CRT.

### **Réalisation**

Ce système d'information ne sera pas fortement sollicité en terme de nombre de requêtes puisqu'il ne sera utilisé que par quelques ingénieurs. D'autre part, le volume d'informations à traiter est faible : de l'ordre du méga-octet.

Dans ce contexte particulier, le format XML a été retenu pour structurer et contenir la base d'informations. Pour ce projet, une base de données XML présente les avantages suivants :

- les données sont facilement lisibles et modifiables, directement dans le fichier XML ;
- l'extraction et l'échange de données avec l'exploitant sont simplifiés ;
- la structure des données pourra être légèrement modifiée, pour répondre à certaines évolutions des besoins.

### **État d'avancement**

Le système d'information est en production pour les fonctionnalités administratives, c'est à dire la facturation, depuis décembre 2012.

Les données techniques, qui caractérisent chaque raccordement au réseau, sont partiellement renseignées. Les fonctionnalités techniques, qui doivent assister les ingénieurs pour l'exploitation du réseau, ont été développées conformément au cahier des charges initial. De nouvelles fonctionnalités ont été proposées et développées, pour contrôler la cohérence entre les services réseau qui sont déclarés dans le système et ce qui est réellement déployé sur les équipements. Ces fonctionnalités nécessitent, en partie, des développements qui sont spécifiques au matériel. Elles doivent être mises à jour, courant 2014, pour supporter les nouveau équipements "Brocade", qui sont actuellement déployés.

## **2.5. Service de visioconférence**

Depuis 2005, le CRIHAN met à la disposition de la communauté SYRHANO un service de visioconférence multi-point, qui permet à des personnes distantes de se retrouver dans une salle de réunion virtuelle. L'utilisateur se connecte à la réunion virtuelle soit à l'aide d'une station de visioconférence autonome disposant d'une caméra raccordée au réseau IP, soit au travers d'un logiciel embarqué sur un ordinateur, soit enfin au travers du réseau téléphonique conventionnel.

### **Interface de réservation**

Fin 2011, afin de répondre au nombre croissant de demandes de réservations de visioconférences, le CRIHAN a entrepris la réalisation d'une interface web de réservations qui intègre les contraintes techniques d'exploitation de l'infrastructure et qui permette aux usagers du services d'effectuer eux-mêmes leurs réservations.

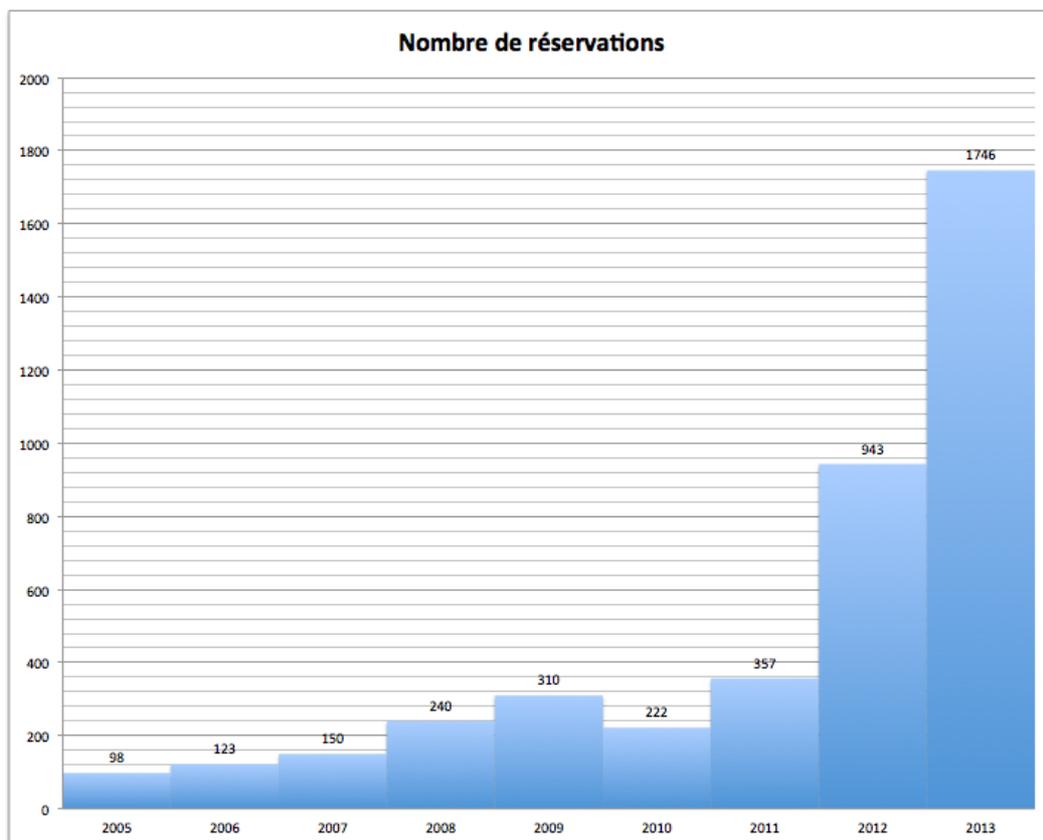
Après un travail de développement effectué en interne, le CRIHAN a mis à disposition des usagers en avril 2012 une interface d'accès simple permettant différentes fonctionnalités comme la réservation immédiate (selon la disponibilité des ressources), l'affichage des plages horaires disponibles en fonction d'une expression des besoins, la possibilité de poser des réservations hebdomadaires, la notification libre des participants par messagerie électronique, etc.

Outre l'amélioration du service rendu, ce développement a permis à l'équipe technique de réduire le temps consacré à l'assistance pour ce service. Enfin, le choix d'un développement effectué en interne de faire évoluer cette interface afin de répondre à l'évolution des besoins des utilisateurs.

### Utilisation du service

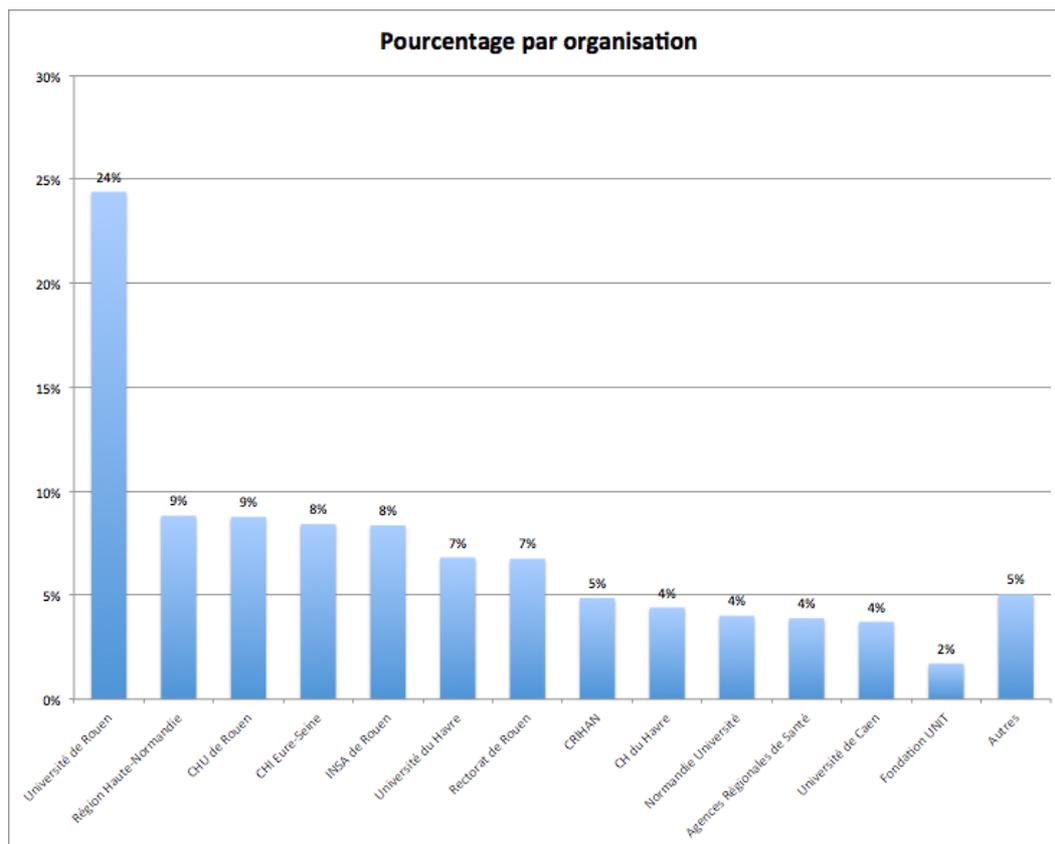
L'interface web a permis de développer a considérablement l'utilisation du service dû à la souplesse d'utilisation et d'organisation que l'outil apporte. Par exemple, certains utilisateurs programment des groupes de travail plusieurs semaines à l'avance alors que certains autres demandent un accès dans les 30 prochaines minutes, pour des réunions "sur le pouce".

Le nombre de réservations de visioconférence augmente d'environ 100% par an depuis la mise en place du pont HD et de l'interface de réservation.



*Service de visioconférence : évolution du nombre de réservations annuel*

Cette année encore, le Rectorat de Rouen a souhaité reconduire son projet de diffusion de cours de Grec entre plusieurs établissements grâce au service de visioconférence.



*Service de visioconférence : utilisation par établissement*

## 2.6. Service de sauvegarde

La finalité du service de sauvegarde est de pouvoir restaurer des données, suite à un incident, une suppression accidentelle ou une modification non désirée. Pour cela, le service de sauvegarde doit dupliquer et mettre en sécurité les données, pour pouvoir les restaurer en cas de perte. Le service de sauvegarde assure la sauvegarde de serveurs du CRIHAN et de serveurs hébergés.

Pendant l'été 2013, le service a été migré vers un nouvel espace de stockage, qui est hébergé dans le Data Center Universitaire de Mont Saint Aignan. Cet espace de stockage a l'avantage d'être sur un site distant des serveurs qui sont sauvegardés.

A l'occasion de cette migration, les logiciels (OS et Bacula) ont été mis à jour. L'architecture applicative qui avait été mise en place en 2011 a été conservée, car elle continue de répondre aux besoins.

### 2.6.1. Architecture

Le service de sauvegarde est construit autour du logiciel libre Bacula. Quelques programmes ont été développés en 2011 et sont maintenus par le CRIHAN, pour assurer les tâches nécessaires à l'exploitation et la supervision.

Les composants du services sont actuellement les suivants :

- un démon Bacula «Director» et un démon Bacula «Storage», en version 5.2.5, sur un système Ubuntu 12.04 ;
- des démons Bacula «Client» installés sur chaque machine à sauvegarder ;
- des programmes développés par le CRIHAN :
- un programme de configuration des nouvelles sauvegardes ;

- un programme de création des volumes de stockage ;
- un programme et des sondes de supervision.
- un espace stockage hébergé dans le centre de données universitaire de Mont Saint Aignan ;
- le réseau SYRHANO et le réseau interne du CRIHAN.

### **2.6.2. Bilan**

Les risques de perte de données sont réduits, car l'espace de stockage est dorénavant totalement disjoint des serveurs sauvegardés, avec un éloignement géographique d'environ 10 km.

L'architecture applicative et technique continue de répondre aux besoins en volumétrie et en performance.

### 3. Formations dispensées et stages

#### 3.1. Formations

Le CRIHAN propose des formations relevant de son cœur de métier et dispensées par ses ingénieurs. D'autres formations, présentant un réel apport pour la communauté de ses utilisateurs, sont également organisées par le CRIHAN en faisant appel à des compétences extérieures.

Ainsi, en calcul, CAPS Entreprise a dispensé une formation GPGPU pour la deuxième année consécutive, et le bureau d'études Tangent delta a dispensé deux formations sur les logiciels de calcul scientifique développés par EDF (SALOME et Code\_Aster) et distribués sur le mode du logiciel libre.

Dans le domaine des réseaux, le CRIHAN s'associe à RENATER afin de mutualiser l'investissement humain et technique et de consolider les formations dispensées.

##### 3.1.1. Formation pour les utilisateurs du centre de calcul

Pour aider les scientifiques qui ont réservé des ressources auprès du centre de calcul, le CRIHAN organise des journées de formation axées sur les environnements de calcul et les techniques d'optimisation et de parallélisation.

###### Formation Utilisation du cluster Antares du CRIHAN

Deux sessions d'une demi-journée ont été proposées :

- présentation matérielle et logicielle,
- soumission des calculs,
- environnement de compilation et librairies,
- outils d'analyse de performance,
- optimisation,
- visite de la salle machines.

Sessions :

- 27 Juin 2013 : 8 stagiaires (6 ingénieurs d'entreprise, 1 enseignante-chercheuse et 1 élève-ingénieur).
- 12 Novembre 2013 : 6 stagiaires (1 industriel, 4 doctorants et 1 postdoctorant).

###### Formation calcul parallèle (OpenMP, MPI)

Trois sessions de deux jours (2 x 7h) ont été dispensées :

Premier jour

- Introduction : architectures de calcul
- OpenMP (cours suivi de travaux pratiques)
  - Principes
  - Variables privées ou partagées
  - Sous-programmes appelés dans une région parallèle
  - Compléments
  - Partage du travail (boucle parallèle, réductions, sections)

Deuxième jour

- MPI (cours et travaux pratiques alternés)
  - Principes
  - Communications point à point (bloquantes et non bloquantes)
  - Communications collectives
  - Types dérivés

- Topologies cartésiennes

Sessions :

- 9-10 Janvier 2013 : 9 stagiaires (doctorants)
- 9-10 Juillet 2013 : 9 stagiaires (1 enseignant-chercheur, 2 ingénieurs de recherche, 6 doctorants)
- 19-20 Novembre 2013 : 6 stagiaires (doctorants)

#### **Formation CAPS Entreprise : GPU - HMPP**

Dispensée par CAPS entreprise avec le support du CRIHAN pour l'adaptation des TP à l'architecture GPU d'Antares.

Session :

- 19-20 Mars 2013 : 10 stagiaires (1 industriel, 2 ingénieurs de recherche, 6 doctorants et le responsable du support scientifique du CRIHAN)

#### **Formation Linux utilisateurs**

Une session de 3 jours ainsi qu'une journée de niveau avancé en complément à une session de 2 jours dispensée fin 2012 ont été dispensées :

- les fichiers - répertoires
- le shell bash
- les filtres
- les processus
- l'éditeur vi
- les connexions à distance.

Sessions :

- 5 février 2013 : 7 stagiaires doctorants.
- 5, 7, 8 novembre 2013 : 4 stagiaires doctorants.

### **3.1.2. Formations sur des logiciels de calcul scientifique**

#### **Formation SALOME**

Une session de 2 jours a été dispensée par Nicolas Merlette (Tangent Delta).

Objectif : dessiner, mailler et paramétrer une géométrie à l'aide du logiciel SALOME en vue d'un calcul numérique (structure, CFD).

Le contenu de la formation a été élaboré en collaboration avec Nicolas Merlette afin de s'adresser aux utilisateurs des deux communautés : calcul de structures et mécanique des fluides.

Session :

- 5 et 6 juin 2013 : 7 stagiaires (1 doctorant, 1 enseignant-chercheur, 5 ingénieurs du secteur industriel).

#### **Formation Code\_Aster**

Une session de 2 jours a été dispensée par Nicolas Merlette (Tangent Delta).

Objectif : Connaître les possibilités de Code\_Aster en mécanique et en thermique, réaliser des calculs linéaires, utiliser Salome pour analyser des résultats..

Cette session s'adressait à des utilisateurs de la communauté du calcul de structures et portait sur la prise en main du logiciel, et son application des calculs statiques et thermiques, jusqu'au couplage thermomécanique.

Session :

- 3 et 4 décembre 2013 : 8 stagiaires (2 doctorants, 2 enseignant-chercheur, 3 ingénieurs du secteur industriel et 1 du secteur académique).

### 3.1.3. Formations réseau

Un rapprochement entre le CRIHAN et le GIP RENATER avait été initié en 2012 pour l'élaboration de formations communes sur les thématiques réseau. Cette action s'est concrétisée en 2013 par l'organisation de sessions de formation communes à IPv6.

#### Formations IPv6

L'objectif de ces formations est d'acquérir une base solide d'IPv6 avec un retour d'expérience sur les bonnes pratiques de déploiement. Deux sessions ont été dispensées par des formateurs du GIP RENATER avec le soutien technique du CRIHAN :

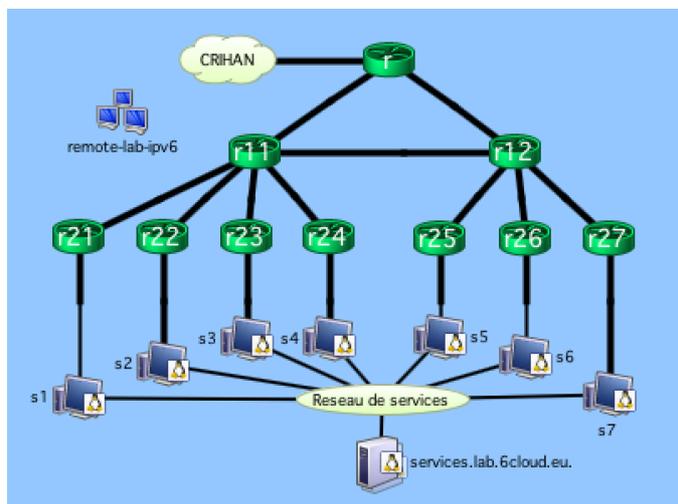
- 16, 17, 18 janvier 2013 : 13 stagiaires
- 8, 9, 10 octobre 2013 : 11 stagiaires

Ces sessions ont été suivies par des ingénieurs réseau issus du secteur académique.

#### Lab IPv6 du CRIHAN

Suite aux deux sessions de formation, le besoin est apparu de faire évoluer la plateforme un partenariat fort a vu le jour et à mener à la mise en place d'un projet de laboratoire IPv6 hébergé et administré par le CRIHAN mais pouvant être le support technique des prochaines formations IPv6.

L'idée principale fût de mettre à disposition des formateurs une plateforme technique adaptée aux formations réseaux (formations IPv6 incluses) afin de proposer des sessions de formations "hors site". Afin de simplifier l'administration et la maintenance d'une telle solution, le CRIHAN a mis en place une infrastructure réseaux complètement virtualisé permettant d'obtenir une architecture réseau compatible avec le plan de formation IPv6.



*Schéma de la plateforme virtualisée de formation IPv6*

Ce laboratoire IPv6 permet ainsi de simuler les problématiques opérateurs et administrateurs de sites lors de l'intégration d'IPv6 et également de la phase de transition au déploiement d'IPv6 sur les sites.

### 3.1.4. Salle de formation

Afin de proposer un service de qualité et de pour pouvoir élargir le panel des formations pouvant être dispensées dans les locaux du CRIHAN, ce dernier a renouvelé son parc de

postes de formations avec des machines de bon niveau permettant des formations de mécanique des fluides avec visualisation 3D.

### 3.2. Stages

Durant l'année 2013, le CRIHAN a accueilli et encadré 2 stagiaires sur différents sujets techniques.

#### Stage de Denis Nono Fogue

- Stage INSA Rouen - EP4 du 03/06/13 au 19/07/13 et du 19/08/13 au 06/09/13.
- Sujet : Modélisation et simulation des échanges fluidiques et thermiques dans le Centre de Données Régional.

L'objectif de ce stage consistait à modéliser les échanges à l'intérieur du CDR à l'aide du logiciel OpenFoam. Le choix d'OpenFoam repose sur le fait qu'il s'agit d'un logiciel libre largement utilisé pour différentes applications.

Différents éléments du modèle ont été mis en place : les armoires de serveurs peuvent être modélisés comme un milieu poreux avec dégagement de chaleur, le mur de passivation peut être modélisé comme une perte de charge localisée, et les parois internes peuvent également être modélisées.

En revanche, des difficultés ont été rencontrées pour prendre en compte ces différents éléments simultanément dans un même modèle, et la modélisation complète du CDR n'a pas pu être finalisée dans la durée limitée de ce stage.

#### Stage de Baptiste Villetard

- Stage 3<sup>ème</sup> année de filière ingénierie réseau CESI du 07/01/13 au 05/04/13.
- Sujet : déploiement de services réseau dans un centre de données.

Dans la cadre de la mise en production du Centre de Données Régional, l'objectif de ce stage consistait à aider à la configuration des équipements (Cisco Nexus, BROCADE MLXe) et à documenter les services et les procédures d'exploitation.