

Plateformes

Une plateforme est, au sens propre, «un lieu surélevé et plan, sur lequel on peut positionner, orienter, entreposer différentes choses». Au sens figuré, c'est «un lieu privilégié où sont concentrés certains services». Les plateformes du LPSC répondent aux deux définitions. Physiquement il s'agit de zones spécifiques où se trouvent des équipements scientifiques pour mener à bien des programmes d'enseignement, de recherche ou de valorisation. Juridiquement, les interventions extérieures sont réglementées par une charte qui garantit les propriétés physique et intellectuelle des travaux effectués.

Le laboratoire compte 4 plateformes : physique nucléaire, PEREN-chimie, nœud de grille de calcul et IAP3 (Plateforme Internationale des Procédés Plasmas Avancés). Ces structures assurent la formation des étudiants Grenoblois en instrumentation nucléaire et en physique des plasmas (Grenoble INP et Université Joseph Fourier). Elles permettent des échanges facilités entre le LPSC et d'autres laboratoires de recherches nationaux et internationaux (Québec et Vietnam) pour des travaux de recherches communs ou des contrats. Ces plateformes constituent aussi des structures parfaitement adaptées à la valorisation de l'expertise scientifique et technique du LPSC vers l'industrie. Pour les industriels souhaitant développer de nouvelles technologies ou de nouveaux composants ces plateformes sont autant de portes d'entrées vers les compétences et le savoir faire du laboratoire.

Plateforme IAP3

S. Béchu, A. Bès, A. Lacoste, H. Le Quoc, J. Pelletier, G. Regnard, CRPMN
 S. Roni, S. Roudier, Service Études et Réalisations Mécaniques
 G. Marcotte, D. Toures, Service Électronique

The International Platform for Advanced Plasma Processing (IAP3) includes up to date plasma equipments devoted to three objectives: 1) Education: technical courses for initial and continuous training; 2) Research: interface between laboratories for pluri-disciplinary research such as co-tutorial PhD, research projects, national and international partnerships (e.g. with Quebec and Vietnam); 3) Transfer of Technology: interface with industrial R&D laboratories in order to promote the plasma technologies and processes developed at CRPMN¹.

Description

La Plateforme Interuniversitaire des Procédés Plasmas Avancés (IAP3) créée en 2001 a une triple vocation :

- Formation pratique en plasma au niveau Master2 pour les filières de formation de l'Université Joseph Fourier (UFR de Physique et Polytech) et de Grenoble INP (PHELMA² et Département Formation Continue).
- Rôle d'interface entre laboratoires pour des recherches pluridisciplinaires (e.g. thèses en co-tutelle).
- Rôle d'interface entre laboratoires et industriels pour favoriser les transferts technologiques (contrats, accueil d'équipes R&D, projets ANR, projets européens).

Avec la création du LIA-LITAP³ en 2007, la plateforme IAP3 s'intitule désormais Plateforme Internationale des Procédés Plasma Avancés, dénomination plus appropriée à sa nouvelle vocation internationale.

Actuellement, les responsabilités scientifique et technique de la plateforme sont assurées par le CRPMN. La plupart des installations disponibles sur la plateforme IAP3 sont dédiées à la recherche académique et/ou à la valorisation, ainsi qu'à l'enseignement pratique.

Cette plateforme, récemment labellisée par la MRCT⁴ au titre de ses 22 réseaux de compétences, est hébergée au LPSC et au LPCI⁵ au Mans. Cette structure unique en France permet aussi bien à des universitaires que des industriels d'effectuer des traitements de surface sur des échantillons plans, tri-dimensionnel ou même des poudres grâce à 5 réacteurs plasma. Un suivi des traitements peut être effectué in-situ ou ex-situ.

Un atelier intitulé « Conception et utilisation d'un réacteur Plasma de type industriel » organisé conjointement par les réseaux des Plasmas Froids et des Technologies du Vide et financé par la MRCT s'est déroulé à Grenoble du 28 au 30 septembre 2011 sur cette plateforme.

L'accès à ces installations est réglementé au travers d'une charte d'utilisation co-signée par le CNRS, l'UJF et la MRCT.

Dispositifs plasma

Réacteur plasma multi-dipolaires (LPSC - Grenoble)

- Gravure
- Dépôt par pulvérisation et co-pulvérisation assistée par plasma (PAPVD) (Si_3N_4 , Er-Ni, NiMnGa, VO_2 , composés complexes ternaire ou quaternaires...)

Réacteur DECR⁶ (LPSC - Grenoble)

- Implantation ionique par immersion plasma 0-50 keV (PI^3) (TiN, AlN, TiO, MgH_2 ...)

Réacteur matriciel (LPSC - Grenoble)

- Dépôt PACVD (SiOCH ...)
- Gravure (Résine photosensible...)

Réacteurs magnétron (LPSC - Grenoble)

- Dépôt par pulvérisation magnétron (Cr...)

Réacteur à usage mutualisé avec le laboratoire PCI (Polymères, Colloïdes, Interfaces – Le Mans)

- Traitement des poudres

¹ Le Centre de Recherche Plasma-Matériaux-Nanostructures est un groupe de recherche du LPSC

² École d'ingénieurs en PHyrique, ELectionique et MAtériaux de l'INP - Grenoble

³ Laboratoire International des Technologies Plasmas

⁴ Missions Ressources et Compétences Technologiques UPS 2274

⁵ Laboratoire Polymères Colloïdes Interfaces – Le Mans UMR 6120

⁶ DECR, pour Distributed Electronic Cyclotronic Resonance

Bancs de mesures et de test

- Spectroscopie d'émission optique (in-situ)
- Caractérisation électrostatique par sonde de Langmuir (in-situ)
- Banc de mesure de tension superficielle (ex-situ)
- Banc de mesures micro-onde (ex-situ)

Actions menées sur la plateforme IAP3

Prestations industrielles

- HEF (42166 Andrézieux Bouthéon): Procédé de nettoyage plasma de parois de réacteur, modélisation pour l'optimisation de pulvérisation magnétron
- NITRUID (95100 Argenteuil): Implantation ionique de fluor sur caoutchouc silicone
- SAGEM Défense Sécurité (95101 Argenteuil): Essai d'enlèvement de résine en plasma O_2
- SCHNEIDER ELECTRIC (38000 Grenoble): Dépôts de couches minces NiMnGa
- THALES (74200 Thonons les Bains): Conception, mise au point et optimisation d'un réacteur plasma pour le nettoyage de pièces mécaniques, dépôts de couches minces de Si non-hydrogéné
- ADIXEN (74000 Annecy): Caractérisation des plasmas utilisés pour l'abatement de gaz sortant des procédés de la microélectronique

Prestations académiques

- Institut Néel (Grenoble): Élaborations de matériaux en couches minces pour l'énergie (stockage d'Hydrogène, solutions solides ternaires monophasées à propriétés thermoélectriques)
- LMGP (38000 Grenoble): Structuration de surfaces en vue de la croissance de nano-fils
- LSPM (93430 Villeteuse): Mise au point et optimisation d'un réacteur plasma pour le dépôt basse pression de diamant poly-cristallin

Enseignement

- Chaque année, une cinquantaine d'étudiants (formations initiale et continue) suivent des séances de travaux pratiques plasma sur cette plateforme. Sont concernés les élèves de INP – Grenoble, Polytech – Grenoble et du Master plasma de l'UJF.

Réalisations mécanique et électronique

Le service mécanique a été impliqué dans la réalisation des corps de réacteur pour la plateforme et pour la société Thales, ainsi que pour l'usinage de prototype de source plasma.

Le service électronique à quant à lui été mis à contribution pour la conception, la réalisation et le développement d'un dispositif, appelé « Quë Do », de caractérisation des paramètres plasma (potentiels, densités, température des électrons, FDEE) par sonde de Langmuir.

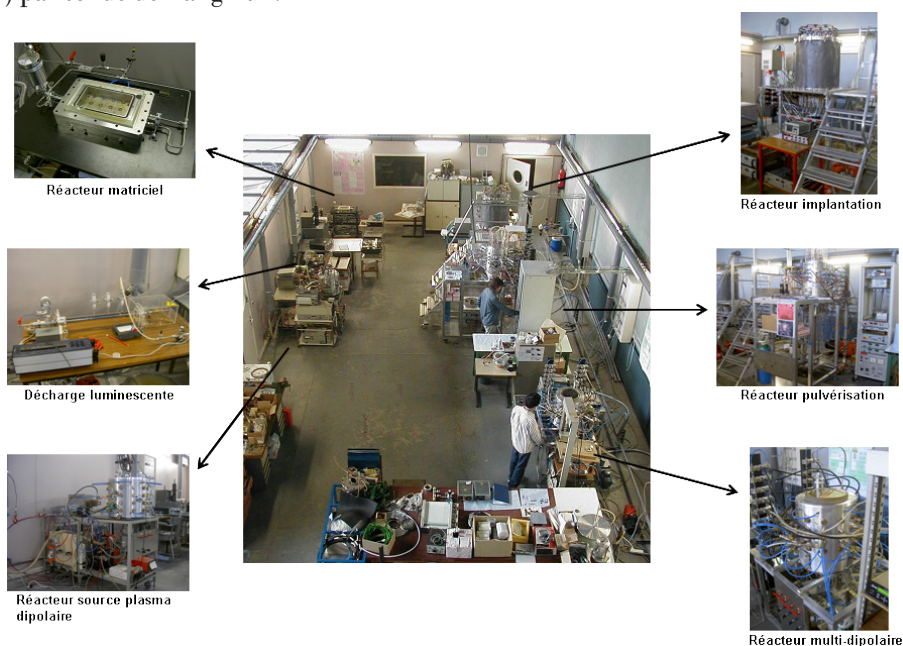


Fig. 1: Vues de détail des réacteurs plasma de la plateforme IAP3 au LPSC.

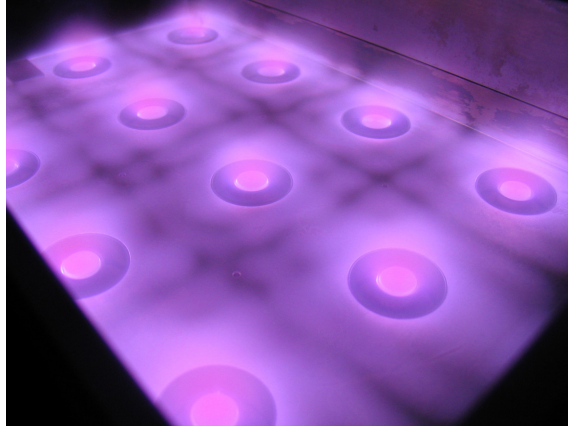


Fig. 2: Plasma matriciel d'argon excité par 12 sources individuelles pour des pressions de fonctionnement comprises entre 10 Pa et 500 Pa et des puissances micro-onde comprises entre 20 W et 200 W par source. Ce réacteur fonctionne depuis 6 années sur la plateforme IAP3 au LPSC.

Plateforme Sels Fondus

M. Allibert, V. Ghetta, M. Heusch

J. Giraud, J. Menu, personnel de l'Atelier, Service Études et Réalisations Mécaniques

R. Faure, O. Zimmermann, Service Détecteurs et Instrumentation

P. Cavalli, Service Électronique

Services Généraux

Equipments are designed to studies on molten fluorides handling and treatment in the frame of the present interest for Molten Salt Fast Reactor. A group of three glove boxes under controlled atmosphere and with a large size furnace is used for salt mixtures elaboration. Building of forced convection molten salt loop dedicated to salt cleaning process is under progress (FFFER project). This project comprises the perfecting of all associated technologies (flow end level measurements, separating valves...).

Cette plateforme est dédiée aux études expérimentales mettant en jeu des fluorures liquides. Elle a été créée dans le cadre des travaux concernant le réacteur nucléaire de Génération IV, le MSFR (Molten Salt Fast Reactor) mais elle reste ouverte à d'autres thématiques gardant les sels fluorés caloporteurs comme dénominateur commun. L'élaboration de mélanges salins en boîte à gants à atmosphère contrôlée et la mise en forme de blocs solidifiés y sont possibles. La réalisation de tests de dispositifs spécifiques en milieu liquide est permise grâce à une zone chaude ($T_{\max} 900^{\circ}\text{C}$) de taille importante ($\phi 215 \text{ mm}$, $h = 800 \text{ mm}$) directement couplé aux boîtes à gants.

Les projets en cours portent sur un procédé de nettoyage en ligne du combustible du MSFR. Il s'agit d'un traitement continu qui a pour objectifs d'extraire une partie des gaz de fission formés lors du fonctionnement du réacteur et de limiter le taux de particules solides en suspension dans la circulation. La technique choisie est le bullage d'hélium directement dans les conduites de circulation du sel, ce qui permet une bonne répartition des bulles dans le liquide, et minimise le volume de liquide nécessaire. Le mélange biphasé traverse ensuite un séparateur liquide/gaz.

Pour progresser expérimentalement sur ce procédé qui nécessite de travailler en convection forcée, un projet de construction d'une boucle de sel fondu a été lancé en 2008 au laboratoire (projet FFFER: Forced Flow for Experimental Research). Après les choix techniques et la conception du circuit, la réalisation est aussi entièrement effectuée au laboratoire, elle a progressé durant la période 2010-2011. Le design général adopté pour l'installation est présenté en figure 1. Des études spécifiques se greffent sur chacun des éléments constituant la boucle: mesure du débit, système de vannes de séparation entre la boucle et son réservoir, mesure du niveau du liquide... Des tests sont effectués en parallèle sur maquette en eau.

Le sel utilisé pour la boucle est un sel fluoré non actif, mélange ternaire de LiF, NaF et KF fondant à 452°C . La quantité nécessaire au fonctionnement de la boucle (160 kg) a été élaborée durant un an dans les boîtes à gants de la plateforme (figure 2) et se trouve actuellement dans le réservoir de sel.

La mise en route finale devrait avoir lieu fin 2012.

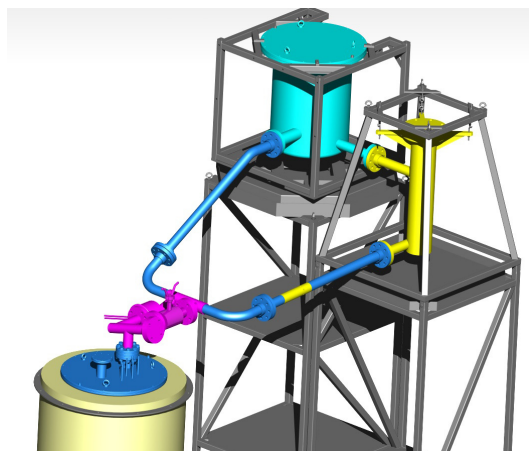


Fig. 1: Allure générale de la structure métallique de la boucle de sel fondu : en jaune, le système couplé injecteur d'Helium - séparateur liquide /gaz, en vert, la cuve du circulateur, en rose, le système de vannes de séparation circuit/réservoir.



Fig. 2: Vue des 24 lingots du mélange eutectique LiF-NaF-KF conservés dans la boîte à gant de stockage avant leur transfert dans le réservoir de la boucle où ils ont été refondu en un seul bloc.

Plateforme de physique nucléaire

Enseignant-Chercheurs, Moniteurs, Vacataires, Chercheurs CNRS du LPSC

A. Nicollet, Service Détecteurs et Instrumentation

G. Bosson, J.-L. Bouly, O. Bourrion, B. Boyer, R. Foglio, G. Marcotte, A. Menthe, Service Électronique

C. Gondrand, F. Melot, P. Meyrand, J. Piarulli, Service Informatique

The “plateforme de physique nucléaire” is an experimental platform dedicated to education in nuclear science. The facility, located in the LPSC building, is the unique centre for experimental education in nuclear science in Grenoble and is commonly shared and managed by the two universities - UJF and Grenoble INP.

La Plateforme de physique nucléaire est le centre unique de formation en physique expérimentale nucléaire sur le pôle grenoblois, elle a donc un rôle central dans l'ensemble des formations les utilisant. Elle est le résultat de la mutualisation des travaux pratiques de UJF et de Grenoble INP au sein d'une plateforme commune d'enseignement qui est basée dans les locaux du LPSC.

Les enseignements expérimentaux réalisés sur cette plateforme ont pour objectifs à la fois l'acquisition de connaissances en physique fondamentale (physique nucléaire et physique des particules), en physique appliquée (médecine, énergie/radioprotection) et physique instrumentale (détecteur, système de déclenchement, système d'acquisition et analyse de données).

Les formations utilisant la plateforme sont :

- M1 de physique et ITDD (UJF/Physique)
- M2 PSA et ITDD (UJF/Physique)
- M2 physique bio-médicale (UJF/Médecine)
- M2 pro radioprotection (UJF/Médecine)
- Génie Énergétique et Nucléaire (INPG)
- Instrumentation Physique (INPG)
- Instrumentation pour les biotechnologies (INPG)

La plateforme bénéficie du soutien des services techniques du laboratoire dans la maintenance des expériences proposées aux étudiants (SDI) et pour des développements spécifiques.

Plateforme Grille de calcul

S. Crépe-Renaudin

C. Biscarat, B. Bouterin, C. Gondrand, F. Lambert, Service Informatique

The LPSC grid node was created in 2008 to contribute to data processing and analysis of the ATLAS and ALICE Large Hadron Collider (LHC) experiments as a Tier-3 of the LHC Computing Grid (LCG). Since its creation the site CPU and storage capacities have been multiplied by more than five. The site has moreover demonstrated its ability to deliver a high quality of service to the LHC experiments so that it has been accepted by LCG as a Tier-2 level site in 2011. On top of the LHC activities, the site has been progressively opened to other various scientific themes from LPSC research interests as well as other regional and international ones.

Contexte

Le nœud de grille du LPSC a été mis en place en 2008 pour répondre à la demande du groupe ATLAS du LPSC de participer au traitement des données de l'expérience ATLAS auprès du Large Hadron Collider (LHC). Dans un premier temps, le site a donc été ouvert aux expériences ATLAS et ALICE du LHC auxquelles participe le LPSC. Le LPSC a ainsi rejoint la grille de calcul LHC (LCG: LHC Computing Grid) en tant que site de niveau Tier-3.

Depuis, les capacités de calcul et de stockage du site ont régulièrement augmenté et le site a fait la preuve de sa fiabilité et de son efficacité. Avec le démarrage des prises de données des détecteurs du LHC en 2010, les expériences ATLAS et ALICE ont déjà produit plus de 100 Po de données qui ont été traitées, distribuées et qui sont analysées grâce à la grille de calcul. Le site du LPSC a participé à cet effort depuis sa création. Avec l'évolution de l'utilisation de la grille par les expériences LHC et afin de permettre au site de continuer pleinement à participer à l'activité grille LHC, les équipes du LPSC ont demandé le passage au niveau Tier-2 du nœud du laboratoire. Au vu de la qualité de service délivré par le site, la collaboration LCG a accepté sans réserve ce passage.

D'autre part, parallèlement aux développements des activités grille autour du LHC, le site s'est progressivement ouvert à d'autres acteurs en lien avec des activités de recherche du LPSC ou des activités locales et régionales. Ces activités hors LHC représentent actuellement environ 10% de la puissance de calcul délivrée par le site.

Le nœud de grille du LPSC

Infrastructure

Le nœud de grille du LPSC se trouve dans la salle informatique du laboratoire, qui permet l'hébergement de huit baies 42 U avec une puissance électrique disponible de 120 kW. La salle dispose d'un onduleur (30 kVA) pour les services critiques et d'un système de refroidissement par «free cooling» particulièrement fiable, d'une puissance de 100 kW.

Le nœud de grille occupe aujourd'hui cinq des huit baies disponibles dans la salle informatique du LPSC. Sa capacité de calcul est constituée de 80 serveurs, correspondant à 640 cœurs d'une puissance totale de 5 405 HEP-SPEC 06¹. Quant au stockage, 19 serveurs offrent une capacité de 672 To brut qui correspond à 454 To net (utilisable sous le «Disk Pool Manager» DPM²). Les évolutions de la puissance de calcul et de stockage depuis 2008 sont représentées sur la figure 1. Les achats effectués courant 2011 ne sont pas pris en compte sur cette figure.

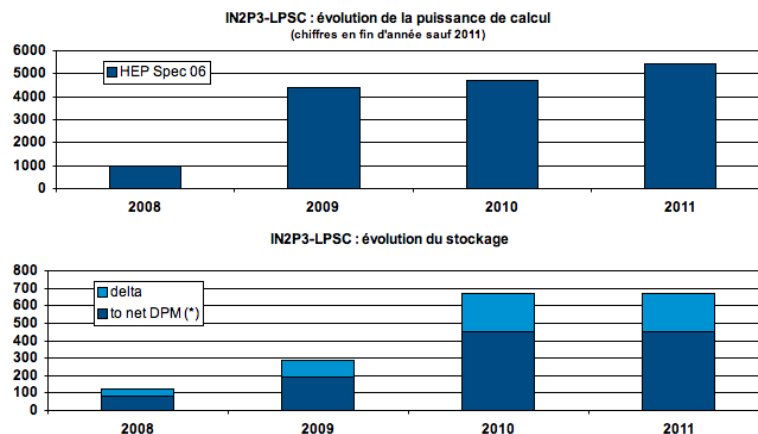


Fig. 1: Évolution de la capacité de calcul (en haut) et de stockage (en bas) du nœud de grille du LPSC (* en bleu foncé la capacité net utile telle que vue par DPM).

1 <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/FIOgroup/TsiBenchHEPSPEC>

2 <https://svnweb.cern.ch/trac/lcgdm/wiki/Dpm>

Les services de grille disponibles au LPSC sont répartis sur six serveurs avec une alimentation redondante. Le Tier-2 du LPSC dispose d'un BDII¹ « Database Information Index » pour le site, de deux CE « Computing Elements » (LCG-CE et CREAM-CE), de plusieurs « User Interface », d'une VOBOX, d'un serveur DPM « Disk Pool Manager » et d'un serveur XRootD. Les configurations de l'ensemble des services sont déployées via QUATTOR².

L'ensemble de la grille est surveillé via le serveur NAGIOS du LPSC.

Le réseau

Le cœur du réseau local est basé sur deux « switches » CISCO NEXUS 5010 dotés de 40 ports à 10 Gbits/s. Le LPSC étant situé sur le Polygone scientifique de Grenoble, la connexion à RENATER dont le point de présence est sur le campus de Saint-Martin-d'Hères se fait via le réseau métropolitain Metronet. Le point d'accès de ce dernier pour le CNRS est géré par l'Institut Néel. Le débit maximum actuel est de 2 Gbits/s avec un maximum de 700 Mb/s pour les activités de grille. Une évolution à 10 Gbits/s est en cours de négociation; elle s'appuiera sur la mise en place par RENATER d'un nouveau point de présence à Grenoble sur le site du Polygone scientifique, ou si ce projet est abandonné, via une évolution des équipements de l'Institut Néel. Le point de présence RENATER est ensuite relié par fibre noire à 10 Gbits/s à Lyon, Genève et Cadarache.

Le personnel

Les activités du LPSC étant structurées sous forme de projet, la plateforme technique du Tier 2 du LPSC possède un responsable scientifique et un responsable technique. Parmi les membres du service informatique qui permettent le bon fonctionnement du site, on notera que trois ingénieurs travaillent quotidiennement sur le projet pour l'équivalent d'un temps plein. L'activité principale du site étant le calcul LHC, un physicien pour chacun des groupes LHC du laboratoire fait le lien entre le site et les besoins des groupes ALICE et ATLAS.

Les activités du site

Le site du LPSC est principalement utilisé pour le calcul LHC. Les premières « Virtual Organisations » (VO) à y être installées ont donc été, outre les VO Ops et dteam permettant de tester le bon fonctionnement du site, les VO ATLAS et ALICE. Les activités grille de ces deux expériences sont décrites respectivement dans les parties 1 et 3 de ce rapport.

Depuis, le site s'est ouvert à d'autres disciplines, qu'elles soient régionales (VO Rhône-Alpes, EUMED pour les pays méditerranéens), ou qu'elles correspondent à des besoins d'équipes de recherche du LPSC (VO LPSC ouverte à tous les membres du LPSC, VO CALICE pour le groupe participant à ILC, VO MURE dédiée à la simulation de réacteur nucléaire, VO Biomed pour l'imagerie médicale).

D'autre part, une collaboration s'est engagée autour des grilles de calcul et de l'informatique verte entre le service informatique du LPSC et le groupement de laboratoire pour le calcul intensif CIMENT³. CIMENT vise au développement de projets de calcul de type méso-centre au sein des universités grenobloises. Les thématiques scientifiques de CIMENT regroupent des domaines variés tels que la climatologie, la chimie... éloignés de ceux du LPSC. CIMENT a déployé une grille de calcul exploitée via l'intergiciel CIGRI qui permet de fédérer plusieurs sites. Les sites sont exploités en mode opportuniste, permettant ainsi une meilleure utilisation des ressources. L'objectif principal de la collaboration entre le LPSC et CIMENT est de créer une synergie entre le nœud EGI du LPSC et la grille CIMENT et de fournir aux utilisateurs de nouvelles ressources.

L'évolution de l'utilisation du site en termes de CPU depuis sa création est montrée sur la figure 2. Comme il a été déjà mentionné, la figure indique clairement que le site est majoritairement utilisé par les expériences LHC, ATLAS et ALICE.

¹ <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/EGEE/BDII>

² <http://quattor.sourceforge.net>

³ <https://ciment.ujf-grenoble.fr>

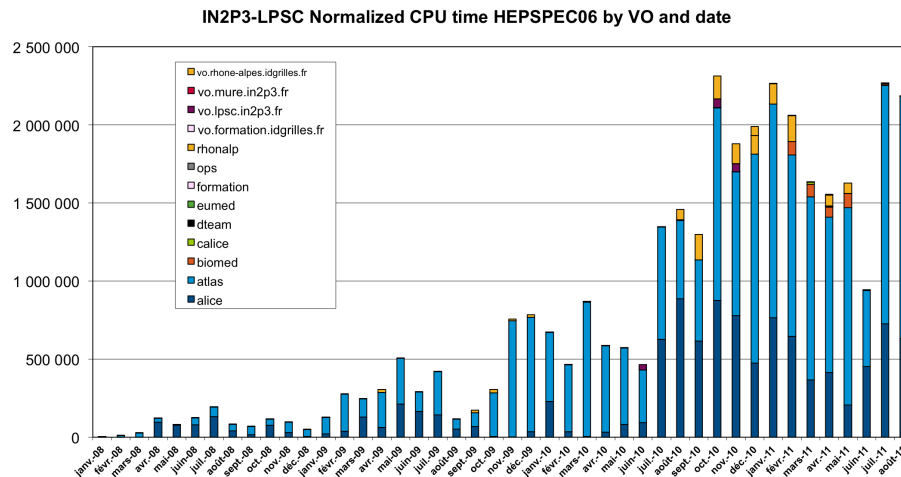


Fig. 2 : Évolution du temps de calcul normalisé utilisé par les différentes VO supportées par le LPSC depuis la mise en production du site.

Perspectives

Le nœud de grille du LPSC est un Tier-2 de LCG depuis l'été 2011. Le passage du niveau Tier-3 à Tier-2 implique une augmentation de l'utilisation du site tant du côté des transferts de données, de l'utilisation du stockage que de la puissance de calcul. Le niveau de fiabilité du site exigé par les expériences LHC a aussi augmenté. À court terme, l'objectif de l'équipe grille du LPSC est donc de continuer de fournir un service de qualité pour la communauté des utilisateurs du LHC avec ce surcroît d'activité.

Le LHC continuera sa prise de données en 2012, puis après une pause de 18 mois délivrera à nouveau des collisions aux expériences mais à plus grande luminosité. Les activités grille devront augmenter en conséquence. La croissance du site cependant restera liée à la possibilité de trouver des financements autres que ceux de LCG, ceux-ci ne permettant que de renouveler le matériel obsolète.

Enfin, le développement du site pour les activités hors LHC devrait se poursuivre, ainsi que la collaboration entre le LPSC et CIMENT.

Pour en savoir plus

Site web du nœud de grille du LPSC : <http://lpsc.in2p3.fr/informatique/tier2.html>

Demande de passage à un nœud de type Tier-2 de WLCG pour le nœud de grille du Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie de Grenoble, LPSC11280