

Service Electronique

L'essentiel

Le service électronique du LAPP comprend aujourd'hui 19 personnes dont la mission est la prise en charge des systèmes électroniques nécessaires au bon fonctionnement des expériences, que ce soit dans leur phase de conception, réalisation, installation, ou maintenance. Le service électronique possède des compétences pointues dans des domaines variés, tant en électronique analogique que numérique. Ainsi le laboratoire maîtrise toute la chaîne de lecture du détecteur, depuis la lecture bas bruit et faible consommation du capteur, la numérisation du signal, son traitement numérique par des systèmes rapides et performants à base de composants programmables ou processeurs, et finalement l'envoi des données vers le système d'acquisition de l'expérience. Le LAPP peut intervenir dans des environnements sévères tels que le spatial ou des milieux soumis aux radiations. Pour ce faire, le service s'appuie sur des outils performants, un service CAO (Conception Assistée par Ordinateur) pointu et des formations ciblées.

Les implications du service électronique s'inscrivent dans des expériences de physique des particules ou d'astrophysique, souvent dans un contexte international.

Une mission d'expertise pour les expériences de physique

Le service électronique du LAPP comprend 9 ingénieurs de recherche, 5 ingénieurs d'étude, 4 assistants ingénieurs et un technicien. Parmi eux 17 assurent le soutien direct aux expériences : 11 sont spécialisés en électronique numérique, 4 en électronique analogique et 2 en instrumentation. La plupart des ingénieurs et techniciens sont impliqués dans plusieurs projets. En parallèle de ces activités, deux autres personnes ont une fonction de service général pour la partie CAO et achats. Pour se maintenir au meilleur niveau et maîtriser les nouvelles techniques et méthodes, les membres du service attachent une forte

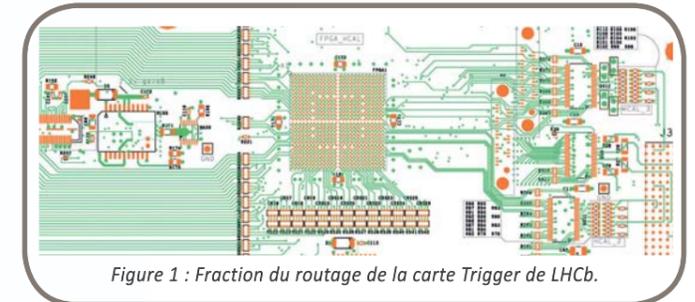


Figure 1 : Fraction du routage de la carte Trigger de LHCb.

importance à la veille technologique et participent régulièrement à des formations (formation CNRS ou IN2P3, formation Cadence et autres).

Le service met ses compétences au service des enseignements en école d'ingénieur et dans les formations de l'IN2P3. Le service accueille régulièrement des stagiaires, allant du niveau de 3ème au niveau d'ingénieur, en passant par les élèves d'IUT. De plus, le service fait valoir ses réalisations en les présentant régulièrement en réunions de collaboration, conférences internationales, dans des publications et sur le site web du laboratoire.

Des compétences pointues

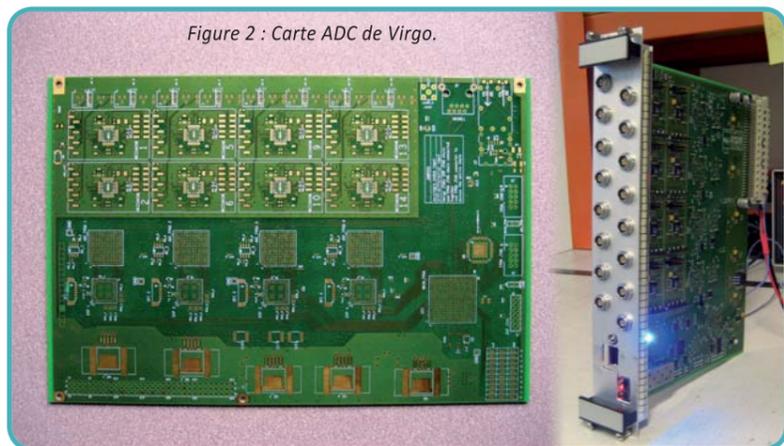
Le service électronique possède des compétences avancées dans les principaux domaines de l'électronique.

En électronique analogique, le service conçoit des systèmes bas bruit, faible consommation et possédant une grande gamme dynamique, adaptés aux spécificités des détecteurs de physique des particules. Il maîtrise également l'amplification, la mise en forme et la numérisation du signal. Dans les domaines de la radiofréquence, le LAPP possède une solide expérience en filtrage et modulation-démodulation (expérience Virgo notamment – figure 2).

En électronique numérique, le LAPP maîtrise les composants programmables de dernière génération (FPGA, DSP, microcontrôleur...) et les langages associés (VHDL, Verilog...). Ces composants performants permettent de traiter

Les savoir-faire

Figure 2 : Carte ADC de Virgo.



les flux gigantesques de données associés aux détecteurs de type ATLAS ou LHCb, où les taux de déclenchement de niveau 1 peuvent atteindre jusqu'à 100 kHz. Le formatage, la recherche d'erreurs, l'application d'algorithmes de traitement numérique du signal tel que le filtrage, ou le calcul de paramètres physiques (énergie de la particule incidente, facteur de mise en forme, ...) font partie des savoir-faire du service électronique.

Le laboratoire connaît parfaitement le domaine des FPGA : intégration de cœurs de processeurs (NIOS, DSP...), interfaçages complexes (liens séries ultra rapides, mémoire DDR, PCI express, Ethernet...). Le LAPP a été pendant longtemps site mainteneur de l'IN2P3 des logiciels d'Altéra et de Synplify.

Le LAPP conçoit des cartes multicouches, haute densité, mettant en œuvre des signaux rapides et des liens séries atteignant le gigahertz. Les composants et les techniques employés sont souvent en limite de la technologie. Pour ce faire, le souci constant de l'intégrité du signal et de la compatibilité électromagnétique est primordial.

Le LAPP conçoit également des ASICs (Application Specific Integrated Circuit). Ces circuits sont utilisés principalement pour l'électronique frontale des détecteurs, où leurs faibles encombrements et niveaux de bruit sont un réel atout pour nos détecteurs. De plus certaines technologies permettent une bonne tenue aux radiations, indispensable lorsque l'ASIC est situé près du point de collision de l'expérience. Le dernier ASIC conçu au LAPP est un circuit de lecture de photomultiplicateur multi-anodes 64 pixels pour l'expérience POLAR (Figure 3). Le circuit a été réalisé en technologie AMS BiCMOS SiGe0.35um. Dans le service, un groupe de 5 personnes effectue régulièrement

ou occasionnellement de la microélectronique.

De la phase de prototypage à la phase de production, le service électronique travaille en étroite collaboration avec des sous-traitants industriels, lui permettant de tirer profit des meilleures techniques de production de cartes (fabrication de PCB multicouches impédancées, câblage de composants en boîtier BGA, utilisation de via lasers...). Les enjeux financiers sont parfois tels qu'ils exigent de faire appel aux procédures de marchés publics.

En partenariat avec le service informatique, le service électronique développe également les bancs de tests nécessaires aux études spécifiques de nos systèmes, assure leur installation sur site, puis leur maintenance tout au long de la durée de l'expérience. La fiabilité des systèmes développés est primordiale, car leur accès sur site est souvent réduit, du fait de la sévérité des environnements (vide, radiations, spatial...).

Des moyens indispensables à la réussite des projets

Le service électronique du LAPP possède l'ensemble des moyens indispensables à la réussite des projets. Nous possédons des logiciels de pointe, notamment la chaîne de conception Cadence, nous permettant :

- la conception de circuit intégré (schématique, routage, générateur de fichiers de fabrication),

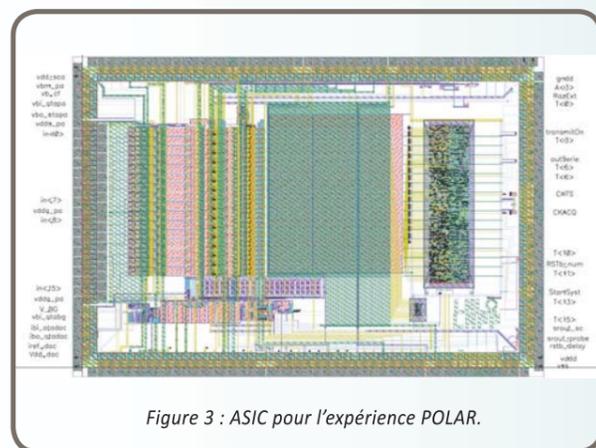
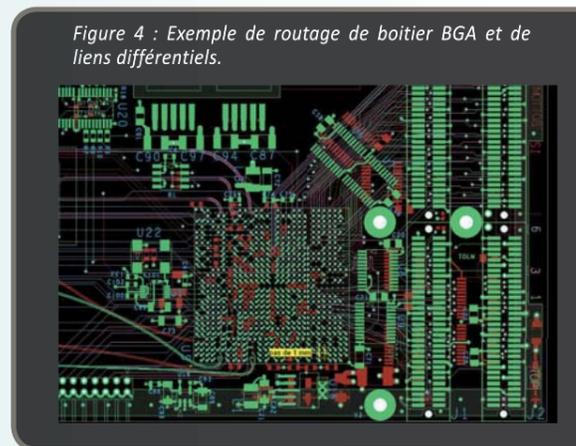


Figure 3 : ASIC pour l'expérience POLAR.

Figure 4 : Exemple de routage de boîtier BGA et de liens différentiels.



- la conception de cartes (schématique, routage, vérification de l'intégrité du signal - Figures 1 et 4),
- la conception de circuits programmables de type FPGA (simulateur, synthétiseur de langage VHDL et Verilog, placeur/routeur)
- la simulation de circuits analogiques ou mixtes.

Nous possédons des appareils performants nous permettant de tester nos réalisations. Parmi eux des oscilloscopes, des générateurs de signaux, des analyseurs de spectre, ainsi qu'un testeur de connectivité Boundary Scan. Nous maîtrisons le pilotage de bancs de test avec Labview.

Nous possédons également une fraiseuse pour le prototypage de circuits imprimés double faces, ainsi qu'une station de soudage/dessoudage.

Des perspectives ambitieuses

Dans les prochaines années, le service électronique du LAPP devra assurer les engagements pris, à savoir notamment :

- assurer la maintenance des expériences en cours (ATLAS, LHCb...),
- finir l'installation des cartes slow control de HESS,
- terminer le projet PMM2 (Figure 5).

Les perspectives des **développements micro-électroniques** pour le LAPP se situent dans l'utilisation des technologies submicroniques. Un moyen d'acquérir le savoir-faire nécessaire à la maîtrise de telles technologies est de s'engager dans un développement nous permettant d'avoir une implication dans la conception, le dessin et les tests d'un grand nombre de blocs (par exemple un chip pour la lecture des PIXEL

du détecteur interne d'ATLAS, ou bien pour la lecture de photo détecteurs SiPM). Cette expérience acquise sur des circuits en deux dimensions permettra le cas échéant de nous orienter dans le futur vers des assemblages en trois dimensions.

Le groupe souhaite développer ses activités microélectroniques en collaboration avec d'autres laboratoires de l'IN2P3. Ce partenariat permettrait la mise en commun de matériels, d'espace disque, la maintenance logicielle, mais également un gain de temps non négligeable lors du passage à de nouvelles technologies.

Du fait de sa forte implication dans LHC, le service souhaite tout naturellement continuer à s'investir sur les expériences de **SuperLHC (SLHC)**.

Le service s'est engagé, en collaboration avec le groupe informatique, à participer à la définition, la conception et la réalisation des éléments Back-End de la chaîne de lecture du calorimètre à argon liquide de l'expérience ATLAS pour la phase 2 du SLHC. Ce travail nécessite :

- l'évaluation de la norme et des produits **ATCA** (Advanced Telecommunications Computing Architecture) permettant la connectique haut débit, l'utilisation de processeurs rapides, une fiabilité améliorée, et des interférences électromagnétiques limitées.
- l'étude de **liaisons séries rapides** optiques et électriques (10Gbits/s) et leur implémentation en nombre important (centaine et plus) sur une carte au format ATCA.
- une évaluation des performances et des facilités de programmation pour l'implémentation d'algorithmes de calculs soit sur des cellules dédiées de FPGA, soit sur un processeur intégré au FPGA ou DSP externe.

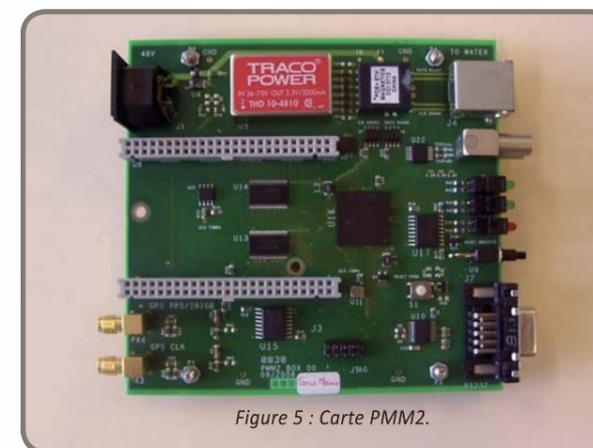


Figure 5 : Carte PMM2.

L'essentiel

Le service informatique comprend **22 personnes** (ingénieurs et techniciens dont 2 CDD) pour assurer deux missions essentielles : **la mise en œuvre et la maintenance des outils de travail informatiques** systèmes et réseaux et **le soutien aux expériences** dans des phases de type acquisition de données, contrôle commande des détecteurs ou simulation, production et analyse de données. Depuis plusieurs années le service possède également un pôle d'infographie. Le service est impliqué depuis 2002 dans les projets de grille financés par la communauté européenne, il est un membre très actif du projet EGEE (Enabling Grids for E-science in Europe) et du projet LCG (LHC Computing Grid). Le service accueille également de 4 à 5 stagiaires par an.

Collaboration

Forte collaboration avec les autres laboratoires de l'IN2P3 et avec le Centre de Calcul de l'IN2P3. Collaboration au sein du réseau régional SARI avec les laboratoires de Grenoble.

Une organisation au service des utilisateurs et des expériences

Le service général est constitué d'une équipe de huit ingénieurs et techniciens qui prennent en charge la gestion des postes de travail microinformatiques, l'administration des serveurs, du réseau, de tous les équipements informatiques avec depuis 2005 un axe de développement important autour du déploiement et de l'administration du mésocentre MUST, nœud de grille EGEE et LCG Tier2 mutualisé à l'échelle de l'Université de Savoie. Il est également dans sa mission de prévoir l'évolution des outils pour anticiper ou répondre aux besoins des utilisateurs. Un ingénieur est en charge des développements du site web et des utilitaires d'administration comme de la mise en place et du support aux outils collaboratifs.

Une commission informatique se réunit deux fois par an ; elle regroupe l'équipe service général et un représentant des utilisateurs pour

chaque groupe expérimental et chaque service technique. Elle fait un état des lieux annuel de la situation de l'informatique au laboratoire et le confronte aux solutions techniques en cours ou à venir. Une réunion utilisateur annuelle informe l'ensemble du laboratoire ; des points techniques précis sont régulièrement présentés en réunion hebdomadaire.

Le soutien aux expériences est constitué d'une équipe de quinze ingénieurs et techniciens regroupés selon deux profils de compétences. Le premier profil orienté technologies informatiques temps réel très proches de l'instrumentation répond aux besoins de développement des applications dans le domaine de l'acquisition et du traitement en ligne des données. Le second profil orienté compétences en génie logiciel, bases de données et technologies orientées objet soutient les phases de simulation, production et analyse de données des expériences et est parfois essentiel dans des développements de contrôle commande pour les phases d'acquisition de données. Une partie des ingénieurs et techniciens sont impliqués dans plusieurs projets.

En parallèle à ces activités, une équipe élargie projet nœud de grille, regroupant des membres du service général et des membres du support aux expériences, s'est constituée.

Une personne assure un service en infographie avec la création et la gestion des documents multimédias.

Des activités et compétences tournées vers les services et les projets

Service général

Depuis 2007, face à l'émergence de nouvelles technologies et donc de nouveaux besoins utilisateurs, le service informatique a mené de nombreux chantiers, tant au niveau de l'évolution en performance et en capacité des services existants, au niveau de l'introduction de nouveaux services qu'en matière de sécurité et de qualité de service.

Figure 6 : PCB de lecture (24 ASICs) d'un détecteur Micromegas.



Dans les années futures, le service électronique souhaite continuer à **développer sa branche accélérateur en vue de CLIC et ILC**. Cela comprend notamment la poursuite des développements de la lecture de détecteurs type Micromegas (collaboration CALICE) (Figure 6), mais également, le développement d'une électronique d'acquisition de l'intensité et de la position du faisceau pour CTF3 (Figure 7). Cette dernière englobe toute la chaîne analogique et numérique. Le LAPP est impliqué dans une évolution de ce système spécifique pour le CLIC : accès rares, grand nombre de canaux, alimentations autonomes, fiabilité du transfert de données...

Par ailleurs, le service s'est engagé au côté du groupe **ATLAS** du LAPP dans **l'upgrade du détecteur interne**. Cet ambitieux projet nécessite la conception d'un nouveau détecteur tant du point de vue de son architecture que du point de vue mécanique et électronique pour faire face au défi de la nouvelle luminosité. De plus, d'autres contraintes fortes viennent du temps d'installation très réduit dépendant de l'arrêt de la machine pour son upgrade et de l'environnement radioactif limitant les temps d'accès in situ. Dans un premier temps, le service participe à la définition et la réalisation des services (électriques, optiques, fluides). Dans un deuxième temps le groupe souhaite s'impliquer dans la conception de la carte de contrôle et de lecture des « échelles » de détecteurs silicium, et dans la conception du circuit de lecture du silicium.

D'autre part, le LAPP souhaite s'investir dans l'étape suivante du détecteur Virgo, Advanced Virgo, qui a pour but d'améliorer encore la sensibilité de l'interféromètre. Le service électronique serait impliqué dans l'upgrade du système de détection (photodiodes et électronique associée) et dans l'amélioration de l'électronique numérique.

Enfin, le service souhaite continuer à développer sa **branche R&D photo détection** et électronique associée. L'électronique front-end pour POLAR s'inscrit dans cette optique. Il s'agit de lire les 64 anodes d'un photomultiplicateur Hamamatsu H5800. La sensibilité doit permettre de détecter le photoélectron unique. La gamme dynamique est d'environ 1000. Cet ASIC est basé sur un circuit développé par le LAL et a été modifié pour s'adapter aux spécifications requises pour POLAR.

Figure 7 : Lecture analogique de la position de faisceau de CTF3.



L'équipe du LAPP

Soutien aux expériences : D. Biare, L. Bellier, D. Boget, G. Cougoulat, A. Dalmaz, P.Y. David, C. Drancourt, N. Dumont-Dayot, D. Fougeron, N. Fouque, R. Gaglione, R. Gallet, R. Hermel, N. Letendre, N. Massol, J.M. Nappa, G. Perrot, P. Poulier, J. Prast, J. Tassan, S. Vilalte, G. Vouters

Achats : S. Cap

CAO du LAPP : F. Corageoud

Stagiaires : Ingénieurs (2), IUT (5)

En particulier, la mise en production de la grille européenne LCG (LHC Computing Grid) et l'implication du laboratoire en tant que nœud de niveau Tier3 puis de niveau Tier2 depuis novembre 2007 et les engagements de capacité et de qualité de service associés ont nécessité des études approfondies dans de très nombreux domaines connexes. En effet, des études ont été menées non seulement sur l'architecture matérielle et logicielle de cette ferme de calcul, sur son administration, mais elles ont eu un impact sur l'architecture des autres équipements et leur administration, sur le poste de travail du chercheur, des fermes de calcul interactives pour les pré et post-traitements, le réseau informatique interne et externe au laboratoire et finalement l'infrastructure électrique et de refroidissement de la salle informatique.

En parallèle, l'accès au réseau haut-débit généralisé a remis en question notre vision du nomadisme et des besoins utilisateurs en accès distant.

Qualité de service

La stratégie retenue pour optimiser les ressources humaines et pouvoir prendre en charge la gestion du mésocentre a été d'une part la recherche systématique de solutions de type boîte noire commerciales ou logiciels libres pour les services standards et une recherche de mutualisation des outils d'administration entre le monde du

calcul scientifique, les outils collaboratifs et la bureautique.

Les actions suivantes ont été entreprises :

- mise en place d'un système d'administration centralisé basé sur les logiciels libres NAGIOS/CACTI (Figure 1) qui permet une surveillance en temps réel des équipements Linux, Windows et du réseau,
- remontée des configurations des postes de travail Windows grâce à l'outil OCS/Inventory pour une meilleure gestion des extensions et des licences logiciels,
- utilisation d'une boîte noire antispam de SYMANTEC pour la messagerie,
- installation automatisée de l'ensemble des serveurs Linux grâce à l'outil Quattor,
- mise en place d'un logiciel libre de gestion de ticket d'incidents RequestTracker et généralisation de la procédure pour l'ensemble du support informatique.

Dans le cadre du calcul scientifique, une équipe support applicatif de trois personnes a été constituée avec un objectif multiple : le support pour les expériences LHC, pour les autres expériences du laboratoire et pour l'Université de Savoie dans le cadre du mésocentre.

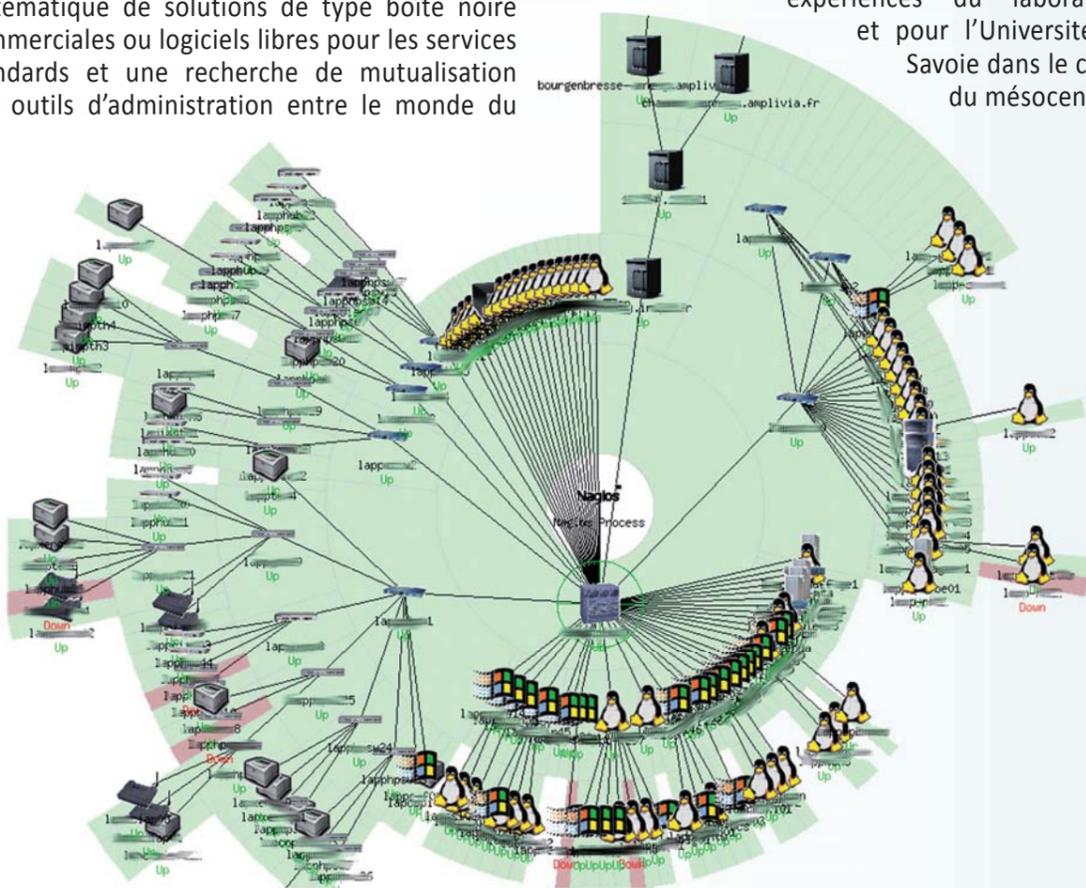


Figure 1 : Une vue graphique fournie par le logiciel NAGIOS des systèmes administrés au laboratoire

Sécurité

La sécurité a été renforcée grâce à la mise en place de zones réseaux sécurisées (VLAN) : réseau WIFI visiteurs extérieurs, réseau imprimantes, réseau grille. De plus une action est en cours de déploiement d'un logiciel libre de détection d'intrusion : SNORT.

Gain d'énergie, gain de place

Face à l'évolution très importante que nous devons assumer au sein de notre salle informatique et étant donné les coûts de l'infrastructure nécessaire et les coûts électriques, une politique globale d'économie d'énergie et de gain de place au sol a été décidée.

Suite à ce constat, les actions suivantes ont été prises : utilisation du logiciel de virtualisation VMware pour héberger sur un même serveur plusieurs services peu gourmands en ressources, achat systématique de serveurs en format rack et critère de sélection important, dans les appels d'offre, sur la consommation électrique et la dissipation thermique.

Projets expérimentaux

Dans le domaine de l'acquisition et du traitement en ligne des données, l'implication des informaticiens au sein des groupes permet d'apporter des solutions techniques pour la mise en œuvre de systèmes temps réel d'acquisition et de traitement en ligne. Le groupe possède une expertise très pointue dans les domaines techniques VME/VSB, Linux, assure la mise en

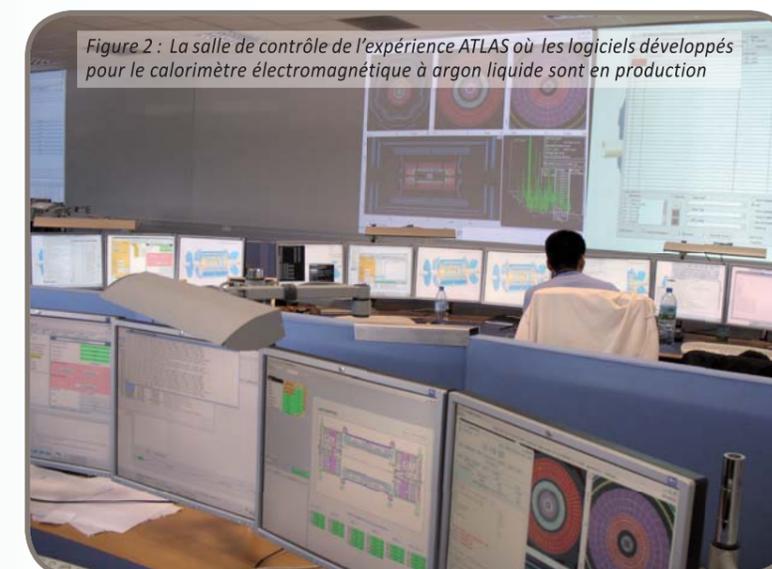


Figure 2 : La salle de contrôle de l'expérience ATLAS où les logiciels développés pour le calorimètre électromagnétique à argon liquide sont en production

œuvre des bancs de tests instrumentés, la mise au point des pilotes de cartes électroniques spécifiques et apporte également un support à l'utilisation de la technologie DSP. Les technologies de développement orientées objets telles java ou C++ et les bases de données relationnelles sont utilisées dans les traitements de contrôle commande liés à l'acquisition.

Dans le domaine de la simulation et de l'analyse des données expérimentales, le développement et la mise en œuvre de logiciels propres à la discipline sont assurés. Ces tâches se caractérisent par une approche "orientée objet" généralisée à toutes les étapes d'un projet logiciel depuis la conception jusqu'au codage ; le service apporte ses compétences dans ces domaines.

Les projets majeurs suivants ont été finalisés, sont en production et en phase de maintenance ou sont parfois encore en cours d'évolution :

- Virgo (depuis 1992) : Conception et mise en œuvre du système d'acquisition de l'expérience Virgo et Virgo+.
- ATLAS projet ROD (depuis 2001 - 2008) : Réalisation d'un système de contrôle (Figure 2), du système de lecture et de traitement des données issues du calorimètre électromagnétique à argon liquide d'ATLAS en collaboration avec l'équipe électronique en charge de la carte ROD (Read Out Driver).



Figure 3 : Le logiciel de visualisation des briques dans le détecteur d'OPERA

- Projet OPERA (2002-2009) : Développement d'une application base de données destinée à contenir les informations liées au cycle de vie des 150 000 briques du détecteur (Figure 3) et contrôler les déplacements des automates. Le système est opérationnel depuis début 2007.
- Simulation dont expertise GEANT4 : Implication dans la validation de la simulation rapide pour ATLAS et coordination de certains groupes de travail de la collaboration GEANT 4. Equipe de deux personnes en support à l'utilisation des outils de simulation dont GEANT4 (Figure 4).

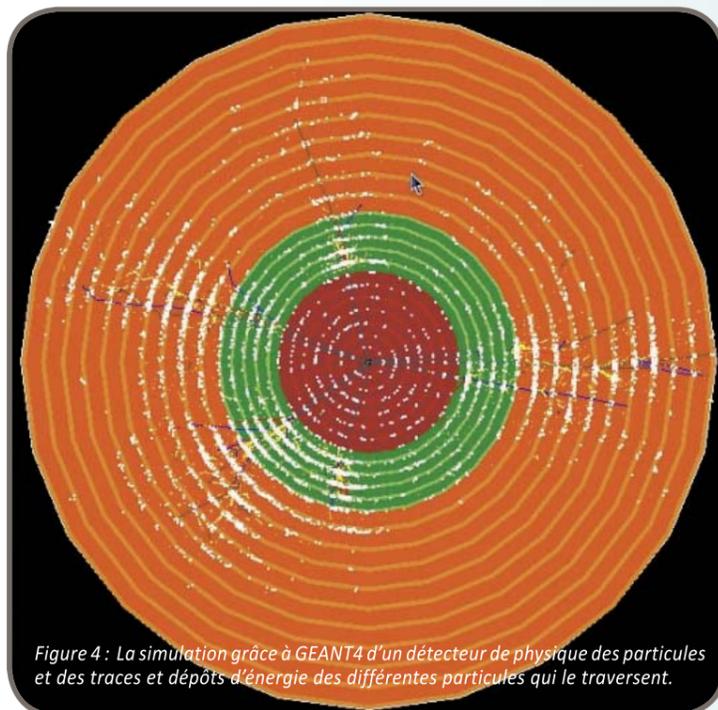


Figure 4 : La simulation grâce à GEANT4 d'un détecteur de physique des particules et des traces et dépôts d'énergie des différentes particules qui le traversent.

Des infrastructures et des moyens

Le laboratoire est équipé d'une salle informatique de 60 m² qui héberge les serveurs et le mésocentre MUST. Le parc actuel comprend environ 35 serveurs sous LINUX et Windows, quelques Mac et près de 300 PC sous Windows et Linux.

Sur le plan logiciel une architecture ActiveDirectory a été mise en place au niveau IN2P3 et permet de gérer à la fois l'ensemble des postes Windows dans leur environnement bureautique mais également les accès à la base de données SMARTTEAM de l'IN2P3 pour les données CAO des mécaniciens.

Dans le domaine du stockage un nouveau serveur de fichiers NFS et SAMBA de 6 To sous forme de boîte noire assure des performances importantes et une disponibilité très élevée et la consolidation de notre solution de sauvegarde avec son robot de 64 cassettes LTO2.

De plus, nous avons géré le renouvellement et l'évolution constante d'une ferme de calcul interactive sous Linux de sept serveurs destinée aux travaux de pré-traitement et aux calculs interactifs des expériences en frontal du mésocentre MUST.

Au niveau du réseau local le laboratoire dispose d'une salle informatique câblée en Gigabit, des accès à 100 Mb/s dans chaque bureau et un réseau sans-fil. Pour permettre l'accès du laboratoire aux centres de calcul et au réseau de

la recherche RENATER, le LAPP est actuellement relié au réseau régional AMPLIVIA2 par une ligne à 1 Gbits/s très performante mais bientôt insuffisante pour les besoins du LHC.

De nombreux services utilisés sont mutualisés au niveau IN2P3 et plus particulièrement du centre de calcul de l'IN2P3 : gestion documentaire EDMS, gestion des réunions et conférences INDICO, gestion des absences et missions GLOP.

Plan pour 2010-2014

Le service général poursuit sa stratégie double et indissociable, d'une part axée sur les services apportés au sein de la grille EGEE/LCG et laboratoires de l'Université de Savoie, d'autre part axée sur les services destinés aux utilisateurs locaux du LAPP. Les avancées des uns étant amenées à profiter aux autres : par exemple le niveau de qualité de service imposé dans l'environnement grille permet et permettra de mettre en place des outils génériques qui profitent à l'ensemble des utilisateurs ; l'évolution planifiée du réseau avec une connexion directe sur RENATER, justifiée par notre engagement en tant que nœud LCG Tier 2, apportera débit et qualité de service à l'ensemble du laboratoire.

Le nombre croissant et la complexité des moyens à mettre en œuvre pour répondre aux besoins des utilisateurs imposent une recherche

systématique d'économie en matière de ressources humaines, c'est-à-dire la recherche de mutualisation des moyens ou des outils retenus au niveau de l'IN2P3, du CNRS ou en concertation avec l'Université de Savoie chaque fois que c'est possible et la mise en place systématique de solutions faciles à administrer pour des services standards. Cette économie d'énergie permettant de se focaliser sur des besoins plus spécifiques à notre milieu et dont les solutions exigent des investissements humains conséquents comme le support des applicatifs grille sur les postes de travail Linux des utilisateurs ou la mise en place progressive d'une authentification unique pour l'accès aux services.

Un axe général de recherche d'économie en matière de coûts électriques, de place au sol et de dissipation thermique doit se poursuivre. L'évolution du câblage réseau du laboratoire est planifiée d'ici 2010 ou 2011 ; il est devenu indispensable pour planifier les évolutions de débit du futur jusqu'au 10 Gbps et prendre

en compte une téléphonie sur IP. Une salle informatique de 200 m² est planifiée dans la Maison de la Mécatronique pour héberger le mésocentre MUST ; elle devrait être opérationnelle en 2012.

Le support aux expériences, avec ses compétences fortes en informatique temps réel, développements d'outils de contrôle commande évolués avec parfois l'utilisation de produits commerciaux tels PVSS et Labview et les compétences acquises dans le domaine de la simulation de physique, devra s'appuyer sur le transfert de compétence entre expériences, la veille technologique et la formation permanente pour conserver son avancée dans des domaines en perpétuelle évolution. Du côté acquisition des études sont en cours pour prendre en charge de nouvelles technologies telles les châssis d'acquisition ATCA. Une équipe de support aux applicatifs s'est déjà mise en place et devra être renforcée dans le cadre du mésocentre et nœud de grille MUST.

L'équipe du LAPP

Service général : C. Barbier, M. Cottin, A. Derible (retraite en 2007), G. Dromby (retraite en 2008), E. Fede, S. Garrigues, F. Girault, M. Gougerot, N. Iribarnes

Support aux expériences : A. Bazan, F. Bellachia, T. Bouedo, F. Chollet, S. Elles, L. Fournier, J. Jacquemier, T. Le Flour, S. Lieunard, M. Maire (retraite en 2008), A. Masserot, N. Neyroud, E. Pacaud, J.-L. Panazol, S. Riordan (infographie), G. Rospabé

Stagiaires : Ingénieurs (2), IUT (8)

Service Mécanique

Service Mécanique

L'essentiel

Fort de 22 personnes, le service de mécanique du LAPP, qui est l'un des plus grands de l'IN2P3, a pour mission de prendre en charge des développements techniques nécessaires à la construction des expériences de physique auxquelles le laboratoire contribue. Son champ d'action dépasse le cadre strict de la mécanique puisque ses équipes mènent des projets à caractère multidisciplinaire.

Les domaines de compétences couverts nous ont conduits ces dernières années à concevoir des ensembles mécaniques pouvant inclure des dispositifs automatisés (LHCb, OPERA, HESS2), des chambres à vide et des composants optiques (Virgo). Avec l'expérience AMS2 nous avons mis en œuvre des procédures de développement très cadrées, typiques des projets spatiaux. Plus récemment nous nous sommes impliqués dans l'étude de nouvelles générations de détecteurs pour les futurs collisionneurs linéaires (MICROMEGAS) et le comportement de systèmes mécatroniques à l'aide d'outils de simulation et d'appareillages de mesure permettant la mise au point de boucles de contrôle (LAViSta).

Les contributions aux expériences du CERN qui ont toujours été très fortes se prolongent dès maintenant par une implication dans l'upgrade d'ATLAS par le biais d'études des services (boucles de refroidissement, câbles électriques et fibres optiques). L'implication du service de mécanique dans la construction de très grands télescopes (HESS2) et l'expérience acquise en analyse dynamique nous conduisent naturellement à nous impliquer dans le futur projet de réseau de télescopes CTA.

Les expériences auxquelles nous contribuons ont trait à la fois aux problématiques des détecteurs pour la physique des particules et l'astrophysique, mais aussi des accélérateurs. Elles s'inscrivent la plupart du temps dans des collaborations internationales.

Pour s'engager et mener à bien ses projets, le service mécanique du LAPP non seulement s'appuie sur son expertise acquise mais met en œuvre les moyens nécessaires pour développer de nouvelles compétences en interne, et trouver au besoin les ressources externes pour explorer de nouveaux domaines. Ce fut le cas

notamment au cours des dernières années des études dynamiques d'abord avec LHCb puis avec HESS2/CTA et LAViSta pour laquelle nous avons de plus introduit les aspects d'automatique et d'asservissement. D'autre part OPERA, LHCb et HESS2 ont permis en plus de notre expertise en construction mécanique de développer l'activité automatisée.

Collaboration

Des collaborations au niveau développements technologiques et études phénoménologiques sont ainsi nées en particulier avec l'école d'ingénieur Polytech'Savoie et le CERN (automatisme et mécatronique) et Pascal Hémon du laboratoire LadHyX de l'Ecole Polytechnique (étude des effets du vent sur les structures). Nous avons aussi développé des actions de partenariat au niveau de l'atelier avec l'IPN de Lyon et le CPPM afin de mieux gérer les variations de charge de travail.

Une organisation souple et performante au service des expériences

Le service mécanique du LAPP comprend 8 ingénieurs et 6 assistants ingénieurs au bureau d'études et 3 assistants ingénieurs et 5 techniciens à l'atelier. De plus 2 ingénieurs et 2 assistants ingénieurs du bureau d'études ont un profil plutôt orienté « instrumentation-automatisme-automatique ».

Tout en appartenant à la « communauté service » les mécaniciens-instrumentalistes collaborent aux projets scientifiques du laboratoire au sein d'équipes techniques projets. Ces groupes, comprenant de 2 à 10 personnes pilotées par un ingénieur, prennent en charge le développement de systèmes à dominante mécanique, répondant aux besoins exprimés par les expériences du laboratoire. Ils mettent en œuvre les actions de R&D, de conception, de prototypage et tests, de suivi de sous-traitance et de fabrication en interne, d'installation, de mise en service sur les sites expérimentaux, de maintenance et de démantèlement.

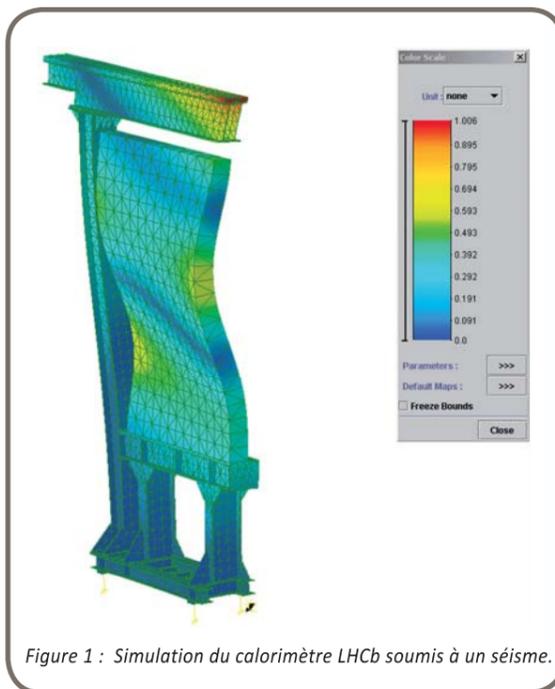


Figure 1 : Simulation du calorimètre LHCb soumis à un séisme.

L'organisation du service de mécanique permet à la fois de répondre aux demandes des projets de physique et de développer les compétences métier nécessaires pour apporter aux expériences des contributions techniques reconnues.

Conception et réalisation sont intimement liées dans nos projets. Tous les membres des équipes sont partie prenante dans les développements. Les assistants ingénieurs et techniciens assurant la réalisation et le montage sont associés à la conception et les concepteurs suivent les travaux de fabrication et d'installation. Cette organisation permet de limiter les risques de non-conformités. Les membres du service peuvent être amenés à collaborer à plusieurs expériences en fonction des besoins.

La souplesse de cette organisation nous permet de gérer l'évolution des métiers et des compétences particulières nécessaires pour relever les défis techniques. L'accès à la formation permanente de l'IN2P3 et du CNRS et les actions spécifiques menées par le LAPP sont essentielles pour garantir un haut niveau de performance.

L'activité instrumentation est naturellement associée aux développements mécaniques dans notre service.

Le service de mécanique participe également à des actions nationales (organisation d'écoles, direction du réseau calcul mécanique IN2P3, participation aux réseaux métiers). Ces collaborations permettent d'améliorer l'efficacité des pratiques. Ces liens forts avec les autres

mécaniciens de l'IN2P3 et plus généralement du CNRS sont indispensables pour garantir un haut niveau de technicité.

En plus de leurs activités dans les projets, certains membres du service ont la responsabilité de tâches liées à son fonctionnement (outils métiers, informatique, documentation...).

Les groupes techniques projets sont amenés régulièrement à présenter l'état d'avancement de leurs travaux dans le cadre de réunions de collaborations internationales. L'organisation des expériences conduit à la fois à une forme de compétition pour dégager les meilleures solutions techniques et une forte collaboration pour faciliter la synergie entre les équipes.

Nos compétences au cœur des projets récents

Si le cœur de métier du service de mécanique du LAPP est assez fortement représenté (conception et réalisation de structures mécaniques et de mécanismes) d'autres domaines techniques connexes ont été explorés.

L'expérience LHCb nous a conduits à concevoir et faire réaliser des structures mécano-soudées de grandes dimensions (jusqu'à 10 m de hauteur) dont la fabrication a été sous-traitée dans des sociétés européennes via des appels d'offres gérés en collaboration avec le CERN. Le besoin de comprendre le comportement des éléments soumis à un séisme (Figure 1) nous a

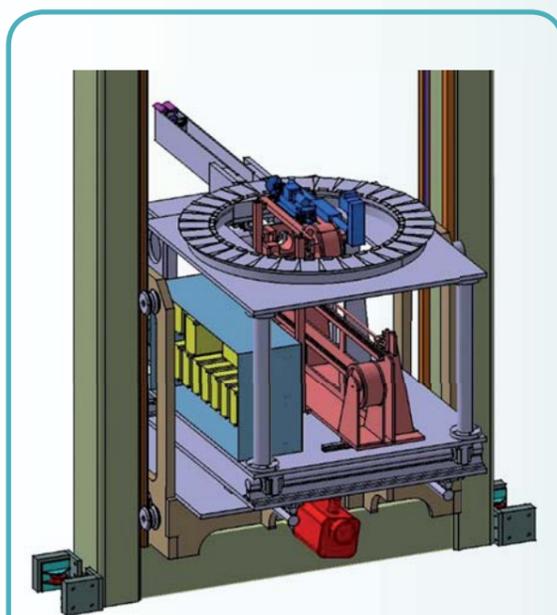


Figure 2 : Manipulateur de briques OPERA.

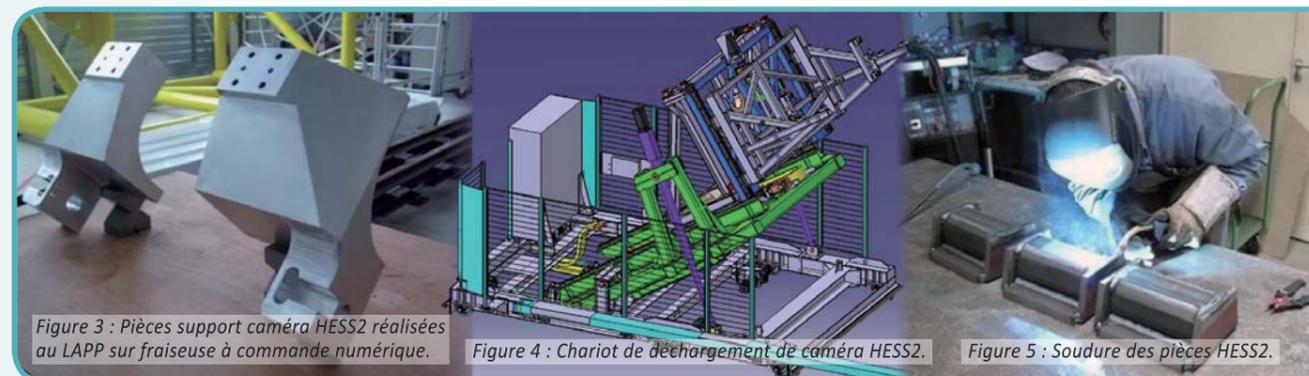


Figure 3 : Pièces support caméra HESS2 réalisées au LAPP sur fraiseuse à commande numérique.

Figure 4 : Chariot de déchargement de caméra HESS2.

Figure 5 : Soudure des pièces HESS2.

conduits à étudier les méthodes de simulation dynamique avec le logiciel SAMCEF. Cette expérience a ensuite été mise à profit dans le cadre de l'expérience CNGS au CERN. Une équipe d'automaticiens du service a également conçu le système de contrôle commande des déplacements des détecteurs.

Une équipe multidisciplinaire de mécaniciens et d'automaticiens a conçu et réalisé (en grande partie au LAPP) le « manipulateur de briques » de l'expérience OPERA (Figure 2). Une collaboration étroite a permis de développer les mécanismes permettant d'assurer les mouvements et conjointement de les automatiser. Des ingénieurs, assistants ingénieurs et techniciens ont installé et finalisé la mise au point de l'ensemble en Italie. Un partenariat avec l'école d'ingénieur d'Annecy-le-Vieux Polytech'Savoie a apporté au projet une plus value dans le domaine de l'automatisme.

Le potentiel technique développé en construction de grandes structures et en automatisme (LHCb, OPERA) a été mis à profit dans l'expérience HESS2 qui a vu elle aussi les deux disciplines s'unir pour développer le support de caméra (Figure 3) et la station de déchargement (Figure 4). A cette occasion un technicien a pu valoriser son expérience de soudeur en obtenant une certification reconnue par la profession (Figure 5). Ce projet, qui a été l'occasion de développer l'utilisation de la CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur) avec CATIA dans le service, sera finalisé en 2010 par l'installation des composants en Namibie.

Des actions ont été menées avec l'ingénieur qualité du LAPP pour

les expériences AMS2, OPERA et HESS2 afin d'améliorer le pilotage des projets. Elles ont permis un suivi rigoureux des plannings ainsi qu'une bonne coordination des différents groupes techniques (mécanique, électronique et informatique). Un effort particulier a également été entrepris pour mettre en œuvre et formaliser les opérations de test et contrôles et assurer une gestion performante de la documentation. Notre effort constant depuis le début des années 1990 nous a conduits ces dernières années à participer à l'évolution de l'expérience Virgo au travers de l'amélioration des bancs optiques.

Depuis quelques années le service de mécanique du LAPP a étendu son champ d'action à la thématique des accélérateurs au travers du projet LAViSta. L'expérience acquise dans le domaine de l'étude du comportement dynamique des structures et la collaboration avec Polytech'Savoie a donné l'impulsion nécessaire pour traiter ces problématiques de stabilisation de faisceau à la précision du nanomètre (Figure 6). Ces études s'inscrivent dans la thématique « mécatronique » qui se développe sur le campus d'Annecy-le-Vieux.

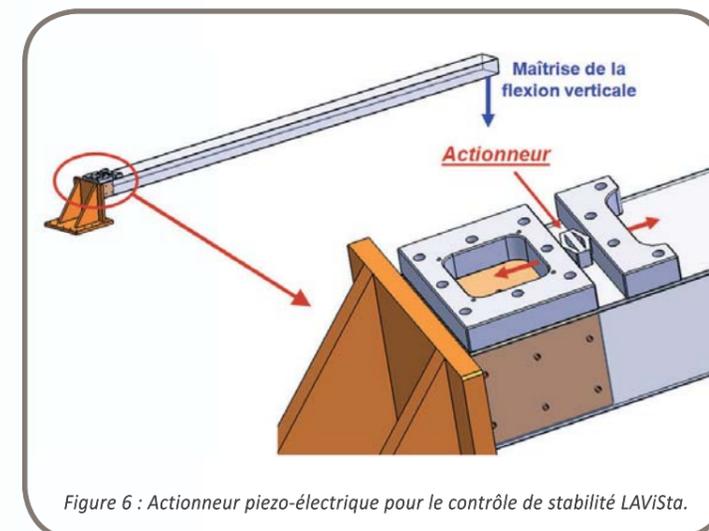


Figure 6 : Actionneur piezo-électrique pour le contrôle de stabilité LAViSta.



Figure 7 : Supports d'aimants de l'accélérateur ATF2 (Japon).

Les travaux entrepris au LAPP ont récemment conduit à la mise en place par nos équipes d'un prototype au Japon (Figure 7).

Des moyens indispensables à la réussite des projets

L'IAO (Ingénierie Assistée par Ordinateur) est implantée depuis longtemps au LAPP. Le déploiement d'EUCLID (Conception Assistée par Ordinateur) à l'IN2P3 y a été initié, on y trouve les premiers projets de grande taille multi-utilisateurs ayant migré vers la base de données Smarteam. Le calcul par éléments finis est depuis près de 20 ans (avec SYSTUS puis maintenant SAMCEF) un outil important utilisé par les ingénieurs pour concevoir et valider les développements. Tous les concepteurs modélisent leurs systèmes à l'aide de CATIA et tous les projets gèrent leurs données CAO avec Smarteam. Grâce à l'IN2P3 nous avons accès à des outils très puissants et mondialement reconnus.

Si les réalisations de grande ampleur sont confiées à l'industrie, nous disposons d'équipements nous permettant de réaliser des ensembles mécaniques de taille moyenne ou de prototypes. Ces moyens sont indispensables pour pouvoir répondre rapidement aux besoins des développements. En plus de machines conventionnelles, nous sommes équipés d'un tour et d'un centre d'usinage à commande numérique. Nous avons récemment complété notre équipement en investissant dans des équipements de chaudronnerie (plieuse et poste de soudage TIG).

Dans le domaine de l'automatisme des réalisations sont également entreprises en interne : instrumentation des structures, câblage des armoires de commande, etc. Nous sommes équipés de nombreux matériels de test et mesures : test ultrasons, binoculaire à caméra CCD, détecteur de fuites, chambre de cyclages thermiques, machine de traction, machine de contrôle géométrique 3D, système d'analyse dynamique (PULSE).

Un avenir sous le signe du mouvement (stratégie pour 2010-2014)

Le service de mécanique du LAPP a fait preuve de son potentiel à mener à bien des projets de taille conséquente en relevant les défis techniques qui se présentaient à lui. Un effort particulier a été entrepris ces dernières années afin d'améliorer la gestion des projets et de s'inscrire dans une politique qualité ambitieuse et adaptée à notre environnement. Ce travail sera poursuivi en collaboration avec notre ingénieur qualité de façon à augmenter notre efficacité. Le service de mécanique du LAPP a contribué à nombre de grandes expériences dans les domaines de la physique des particules et de l'astrophysique en apportant des contributions techniques inscrites dans un champ élargi autour de son cœur de métier. Une culture du pilotage des projets en lien avec la cellule qualité, permettant à la fois la prise en compte des besoins scientifiques et la maîtrise des impératifs de développement, nous permet d'être réactifs vis à vis des demandes des groupes expérimentaux. La ligne de développement Accélérateur soutenue par le projet LAViSta va dans les années à venir monter en puissance car la stabilisation des faisceaux est l'une des problématiques importantes des futurs accélérateurs. L'équipe du LAPP travaille notamment en collaboration avec le CERN dans le cadre du projet CLIC et d'autres perspectives de débouchés sont actuellement à l'étude.

Notre implication notable dans le projet Virgo nous permet d'envisager une participation à l'évolution de l'expérience. Nous avons depuis peu la responsabilité de la conception d'un robot destiné au traitement correctif de miroirs

de grandes dimensions, robot développé en collaboration avec le LMA de Lyon. Le LAPP a également la responsabilité de l'étude d'un nouveau système de distribution d'air propre à flux laminaire à implanter dans les tours.

Les travaux que nous avons menés dans le domaine de l'étude du comportement dynamique des structures nous conduisent à nous impliquer dans le développement des futurs réseaux de télescopes du projet CTA grâce à la collaboration menée avec le LadHyX qui nous apporte l'expertise dans le domaine de l'étude des effets du vent sur les structures. L'embauche récente en CDD d'un ingénieur doit permettre d'apporter une contribution significative au projet. Les outils de simulation dont nous disposons (notamment BOSS QUATTRO) permettent d'étudier comment optimiser les structures pour diminuer les coûts.

Notre implication dans les expériences du CERN va se poursuivre grâce à notre contribution à l'upgrade du détecteur de traces d'ATLAS qui devrait aboutir d'ici une dizaine d'années. Notre expérience dans le domaine de la simulation par éléments finis nous permet

de prendre part à l'étude des phénomènes thermomécaniques induits dans les détecteurs siliciums et leurs supports (majoritairement composés de matériaux composites, mousses de carbone, titane). Nous contribuons également à la définition des services (circuits de refroidissement, câbles et fibres optiques) en étudiant les problèmes de connexions et de routage. Ces travaux multidisciplinaires sont menés en collaboration avec des électroniciens. Des actions de R&D sont menées en interne pour qualifier les solutions et des démarches sont entreprises auprès d'industriels pour satisfaire nos cahiers des charges très spécifiques. Sur le plan des équipements du service, un projet d'investissement d'un deuxième centre d'usinage à commande numérique est à l'étude ; il se justifie par la charge importante de l'équipement actuel.

Grâce à son potentiel humain, son organisation et ses moyens techniques le service de mécanique du LAPP peut, grâce au soutien du laboratoire et de l'IN2P3, être un acteur reconnu par les collaborations internationales auxquelles il contribue.



L'équipe du LAPP

Bureau d'études: Y. Bastian, L. Brunetti, F. Cadoux (-> 2008), M. Cailles, P. Delebecque (Responsable réseau calcul mécanique IN2P3), G. Deleglise, G. Gaillard, C. Girard, N. Geffroy, A. Jérémie, B. Lieunard, I. Monteiro, P. Mugnier, T. Rambure, T. Yildizkaya

Atelier : J. Ballansat, J.-P. Baud, P. Baudin, Y. Beeldens, J.-M. Dubois, L. Giacobone, L. Journet, F. Peltier

Stagiaires : Ingénieur (4), Licence (1), IUT (7), Bac Pro (1)

Valorisation

La valorisation s'inscrit dans le prolongement des activités scientifiques et techniques du LAPP. Le laboratoire entretient également des relations étroites avec les industriels susceptibles de répondre aux exigences de l'expérimentation en physique des particules et astroparticules.

Introduction

Dans le cadre de ses projets expérimentaux, le laboratoire conçoit des instruments de haute-technologie capables de fonctionner dans des environnements extrêmes, qui intègrent au sein d'ensembles complexes des techniques de génie mécanique, instrumentation, électronique et microsystèmes de pointe.

A travers cette activité instrumentale très importante, le laboratoire a acquis des savoir-faire spécifiques, reconnus au sein de grandes collaborations internationales, et développé des procédés originaux qui, associés à une culture de gestion de projet, le rapprochent du monde industriel.

Actions de valorisation et partenariats en Haute-Savoie

Chaque fois que cela est possible, le laboratoire développe des actions de valorisation. Il s'agit le plus souvent de prestations très

spécifiques (réalisation d'études, formation, accompagnement projet) mais l'expérience a montré que le laboratoire était un intermédiaire efficace permettant notamment aux entreprises haut-savoyardes d'accéder à l'expertise des technologies de pointe utilisées en physique de particules, et en particulier au CERN. Le LAPP a l'ambition de participer à des projets de R&D collaborative en amont de ses programmes expérimentaux.

Le laboratoire entretient des liens étroits avec l'Agence économique départementale de la Haute-Savoie. Il participe à l'association Thésame mise en place par le Conseil Général de la Haute-Savoie pour promouvoir les liens entre les laboratoires de l'Université de Savoie et le tissu industriel local. Il est également membre du comité de rédaction du JITEC, le Journal d'Information Technologique des Pays de Savoie.

Le LAPP est naturellement impliqué dans le dispositif de mise en œuvre d'une nouvelle dynamique en mécatronique incarné par le pôle de compétitivité Arve-Industries Haute-Savoie Mont-Blanc, faisant valoir ses compétences en mécatronique.

Prix de la Valorisation de l'IN2P3 catégorie transfert de technologie

En juin 2006, le prix de la Valorisation de l'IN2P3 a été décerné à une équipe du LAPP pour le projet de transfert de technologie « CRISTAL/Agilium » mené en collaboration avec le CERN, l'Université West of England et le Thésame.

Accord de licence logicielle CRISTAL Kernel

Le LAPP, le CERN et l'Université de Bristol (UWE) sont à l'origine du développement du logiciel



Figure 1 : Le LAPP, pôle de compétences scientifiques et techniques.