

# Les savoir-faire du laboratoire



## Compétences et savoir-faire

A travers les projets expérimentaux auxquels les équipes du laboratoire contribuent et par la nature même des conceptions et réalisations entreprises, les personnels du laboratoire ont acquis des expertises sur des techniques nouvelles reconnues dans les collaborations internationales auxquelles le laboratoire participe ; le laboratoire peut également jouer un rôle de relais vers d'autres domaines de recherche ou vers le tissu industriel pour la diffusion de ces techniques. Les champs d'application couvrent les différents aspects des simulations : des interactions dans la matière, des réponses de structures mécaniques aux sollicitations thermiques, magnétiques, sismiques, des conceptions d'ensembles électroniques numériques ou analogiques, mais aussi les techniques de mise en œuvre (méthode de conception en particulier pour le spatial, systèmes temps réel, résistances aux radiations).

Ces pôles de compétence sont présents à travers les services techniques du laboratoire : mécanique, électronique, informatique mais aussi à travers des collaborations avec d'autres laboratoires (positronium) ou des études sur des projets futurs (R&D CLIC). Enfin différentes actions de valorisation avec des partenariats industriels ou institutionnels ouvrent au tissu local ces domaines de compétences.

La gestion de projet soutenue par une démarche qualité en la personne d'un ingénieur qualité est présente dans l'ensemble des entreprises du laboratoire. On peut mentionner d'autres compétences notables :

- En mécanique le bureau d'études, pionnier à l'IN2P3 dès les années 80 sur les calculs de contraintes, a acquis

un savoir-faire dans le domaine des calculs thermiques et de magnétisme à travers l'expérience spatiale AMS, VIRGO, ATLAS, et sismique pour LHCb.

Les compétences en cryogénie ont été exploitées dans la réalisation du calorimètre à argon liquide d'ATLAS, et la maîtrise des techniques du vide a été essentielle pour la construction de l'interféromètre de VIRGO.

- Dans le domaine de la micro-électronique les ASIC analogiques pour l'expérience AMS, et numérique ou mixte (ATLAS, CMS) démontrent la maîtrise des méthodes de conception dans ce domaine.
- Les connaissances pointues de l'équipe électronique sur la conception de circuits complexes (FPGA, VHDL) sont complétées dans les équipes VIRGO et ATLAS par la maîtrise de l'acquisition de données en temps réel.
- Outre le temps réel, en informatique, les compétences en base de données sont reconnues sur de nouveaux projets (OPERA) après avoir été exploitées dans CMS à travers un développement qui a fait l'objet d'une action de valorisation (CRISTAL) et pour des bases de données internes (gestion du personnel) permettant d'offrir des produits qui suscitent un intérêt des services informatiques du CNRS.

Ces différents aspects sont étayés par de nombreux exemples dans la description des activités des services techniques et développés à travers les projets originaux impliquant d'autres partenaires institutionnels (CLIC, Positronium) ou industriels pour la valorisation.



# Service électronique

D. Boget, H. Bonnefon, V. Chambert, F. Corageoud, G. Cougoulat, G. Daguin, P-Y. David, C. Drancourt, J. Ditta, N. Dumont-Dayot, D. Fougeron, N. Fouque, R. Gallet, **R. Hermel**, N. Massol, F. Moreau, M. Moynet, J-M. Nappa, G. Perrot, J. Prast, B. Putanier, J. Tassan, S. Vilalte.

**Stagiaires** : J. Anglade, J. Boguet, N. Chevillot, N. Letendre, D. Scrivo

## Missions

Le service électronique assure le support des programmes de physique du LAPP : conception, réalisation et maintenance des systèmes électroniques nécessaires au bon fonctionnement des expériences du laboratoire. Ses missions sont les suivantes :

- Définition du cahier des charges avec les physiciens de l'expérience.
- Conception, réalisation et mise au point de prototypes.
- Définition des outils de tests pour la production en série des modules électroniques.
- Evaluation des moyens et des budgets.
- Collaboration avec la sous-traitance industrielle.
- Maintenance des expériences.
- Support technique pour les autres services du laboratoire.

## Organisation

Le service d'électronique comprend 21 personnes :

- 8 Ingénieurs de Recherche, 6 Ingénieurs d'Etude, 5 Assistants Ingénieurs, 2 Techniciens, ingénieurs stagiaires, tous spécialisés en conception électronique (analogique, numérique, microélectronique).
- 1 AI et 1 T gèrent les commandes, la documentation, la sous-traitance ( bureau des achats électronique).
- 1IE et 1 AI gèrent l'IAO/CAO standardisée au sein des laboratoires de l'IN2P3.

## Moyens

Les électroniciens sont affectés dans les équipes techniques des expériences de physique. Ils disposent en moyens informatiques de serveurs et stations de travail SUN pour l'utilisation de la chaîne de logiciels Cadence (saisie de schéma, routeur, simulateurs comportementaux, logique, analogique, logiciels de synthèse). Chaque électronicien a accès à tous ces logiciels depuis son poste de travail personnel.

Un pool d'appareils de mesures et de tests est géré et maintenu par le service. Des systèmes standards performants sont utilisés pour les systèmes d'interconnexions.

Un plan de formation permet au service de se maintenir au meilleur niveau de compétences au regard des demandes des expériences.

Le service fait valoir ses réalisations en les présentant aux réunions de collaboration, dans les conférences internationales, dans des publications, sur le site WEB du laboratoire.

## Activités d'intérêt général

### L'activité IAO/CAO

Deux personnes ont la charge de l'installation, des tests et de la maintenance des matériels et des logiciels. Elles assurent d'autre part le support aux utilisateurs. Le LAPP bénéficie, avec les laboratoires de l'IN2P3, d'outils informatiques communs :

- La saisie de schéma (Concept), les logiciels de placement-routage de cartes (Allegro, Specctra et Specctraquest) de la société Cadence.
- La description de circuit logique en langage VHDL et VERILOG, le logiciel de synthèse logique de la société synplicity (Synplify\_pro), les logiciels liés aux circuits programmables (Altera, Actel, Xilinx), la simulation logique avec Verilog, Leapfrog ou NCvhdL.
- Les simulateurs analogiques (Awb, Eldo).
- Les logiciels de circuits intégrés (Artist, Ambit, Cell ensemble).

Le service électronique du LAPP joue un rôle important au sein des laboratoires de l'IN2P3 : il est site «mainteneur et expert» pour les circuits Altera et l'outil de synthèse «Synplify».

### L'activité achats

Deux personnes assurent les achats des composants et des appareillages électroniques. Des outils informatiques facilitent le travail pour un meilleur service : 4D, pages WEB, serveurs de documentation technique.

Le bureau des achats :

- Rassemble les demandes, conseille, oriente les choix et gère les approvisionnements des différents composants et matériels. Il assure le suivi des commandes, la gestion des dossiers techniques spécifiques et des sous-traitances (circuit imprimé, câblage, test).
- Est l'interlocuteur privilégié des physiciens, ingénieurs, techniciens au niveau des conseils techniques et organise des forums de rencontre entre les fournisseurs et les membres du laboratoire.
- Intervient ponctuellement en tant que consultant

pour les achats des autres services (informatique, mécanique, administration).

### L'enseignement, les stages

Le service met ses connaissances au service des enseignements en IUT, en formation alternée, dans les formations de PIN2P3. Des stagiaires d'IUT ou d'école d'ingénieurs sont accueillis chaque année dans les différentes expériences.

### La formation et la veille technologique

Les membres du service participent à des formations en relation directe avec les développements en cours. Le service doit maîtriser les nouvelles techniques et méthodes nécessaires à son activité. Le plan de formation est fondamental pour identifier et définir les propositions de stages :

- IN2P3 : écoles d'électronique numérique et analogique, école des détecteurs, de traitement du signal, conduite de projet.
- CNRS et Industriels : tous les logiciels Cadence (30% des formations), standards d'acquisition, technologies durcies, techniques de conversion, fibres optiques, outils de test, etc...

Le service se tient au courant des nouveaux produits techniques (veille technologique) grâce à de nombreuses revues disponibles en bibliothèque et l'achat régulier des derniers livres techniques, la recherche documentaire sur le WEB, la participation aux conférences, des journées d'informations ou des salons organisés par les industriels ou les distributeurs et des échanges d'information avec les spécialistes d'autres laboratoires du CNRS.

### Utilisation de nouveaux outils

#### - Boundary scan (JTAG) :

La complexité des fonctions intégrées dans les boîtiers ne permet plus d'identifier facilement une connexion en défaut à partir d'un test visuel classique. Après évaluation des différentes solutions de tests possibles (tests à pointes, sondes mobiles, Boundary Scan ou JTAG, fonctionnel ou combinaison de différents tests), la technique Boundary Scan s'est révélée la plus intéressante pour une utilisation au sein du laboratoire. Un ingénieur du service a évalué ce produit sur une carte de l'expérience ATLAS, et ce en partenariat avec l'industriel. Cette évaluation a permis l'achat du produit le plus adapté, l'organisation de la formation et la rédaction d'une notice d'utilisation.

#### - SOPC builder d'Altera :

Le LAPP a également évalué SOPC builder d'Altera. Cet outil permet d'intégrer directement dans un composant programmable un processeur ou des périphériques et ce de façon totalement paramétrable. Ainsi il devient facile d'intégrer un DSP (Digital Signal Processeur), une interface PCI, un timer, de la mémoire, une UART, ou une liaison Ethernet dans un FPGA. Cet outil présente plusieurs avantages par rapport à l'utilisation de composants du commerce classiques : l'évaluation est plus aisée,

les fonctionnalités sont plus rapidement utilisables, le nombre de composants sur la carte est réduit, le coût total est souvent moindre.

Un kit d'évaluation sur composants APEX et Stratix a été acheté et l'outil a été testé avec succès. Suite à cette évaluation positive, ce kit a servi pour l'expérience ATLAS.

## Contributions aux expériences

### ATLAS

Le groupe ATLAS-LAPP est principalement impliqué dans la construction et l'électronique associée du calorimètre électromagnétique central :

- Carte calibration : le LAPP est responsable de la réalisation de la partie numérique de la carte de calibration (128 voies) du calorimètre à argon liquide permettant la génération de séquences d'impulsions calibrées (sélection de voies, d'amplitudes et de retards programmables).
  - Réalisation de plusieurs circuits imprimés associés à des systèmes de test.
  - Conception d'un circuit intégré numérique avec le test d'un prototype à base de circuits programmables, décrit en langage de haut niveau VHDL, puis d'un ASIC en technologie durcie DMILL.
  - Tri des composants Phos4 (délais) pour la production des cartes de calibration en fonction de la gigue et de la linéarité à différentes températures de fonctionnement. Le LAPP doit assurer, en collaboration avec le LAL, la production et les tests de 120 cartes et 1000 Asic.
- Système ROD : système de réception et de traitement numérique des données. Le LAPP a collaboré avec l'Université de Genève au développement de la carte mère ROD et a conçu les cartes filles (DSP Texas et composants programmables de dernière technologie) en collaboration avec l'Université de Nevis.

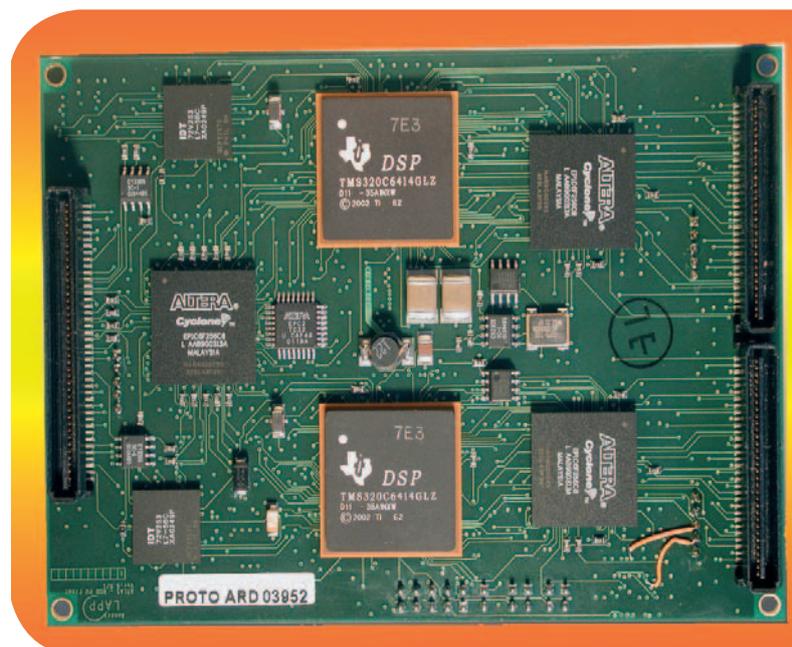


Figure 1 : Carte ROD pour ATLAS

- Grâce à sa participation active dans la première phase du projet, la collaboration a confié au LAPP, en juillet 2001, la co-responsabilité (avec l'Université américaine de Nevis) du développement, de la production (400 ou 800 cartes) et du test des cartes filles.
  - Le LAPP est co-responsable de la conception et réalisation du banc de test pour la production des 200 cartes RODs du système avec le Max Planck Institut. Il a développé à cet effet une carte injecteur de données (5 fois 1,4 Gbits/s) au standard VME64x.
  - Le LAPP est co-responsable avec le Max Planck Institut du test système final permettant l'approbation de la production des modules ROD.
- Le LAPP joue un rôle important dans la définition, le test et la mise en place du système de synchronisation TTC en collaboration avec ParisVI.
- Banc de test des modules du calorimètre ATLAS : un ensemble de test a été conçu au sein d'une collaboration LAPP-SACLAY-CPPM. Le LAPP a la responsabilité du système de calibration, test haute tension, générateur programmable, carte de sécurité Haute Tension CQHT, multiplexeur pour la mesure des capacités. Cet ensemble important permet de vérifier et de mémoriser, au fur et à mesure du montage, tous les paramètres électriques du module, en particulier les valeurs des capacités du détecteur à chaud et à froid, mais aussi la connectique associée.

### AMS02

Le groupe AMS-LAPP est fortement impliqué dans l'électronique du calorimètre électromagnétique. Le LAPP a étudié et obtenu la responsabilité de l'électronique Front-End de ce calorimètre :

- Etude des signaux du photomultiplicateur pour l'analyse des contraintes sur l'électronique «Front-End».
- Conception et réalisation, d'un circuit intégré spécifique regroupant les fonctions analogiques de l'électronique Front-End (amplificateur de charge, mise en forme, échantillonneur bloqueur, multiplexage)
- Conception et réalisation de l'ensemble des bases (Haute Tension) et de la carte Front-End incluant le circuit intégré et l'ADC de conversion.
- Conception et réalisation de toutes les cartes et de tous les bancs de test nécessaires aux tests des prototypes et de la série finale.
- Conception et réalisation de la carte intermédiaire dite EIB qui assure les fonctions de transmission des données vers les cartes numériques en châssis, et les fonctions de création du trigger gamma à partir des dynodes des photomultiplicateurs.
- Conception du code VHDL de séquençage : parallélisation des données et production des signaux de commande du Front-End.

La phase de prototypage FE est terminée, ainsi que la phase de qualification spatiale de l'électronique et la production des modèles de vol débute. La conception des cartes EIB est en cours.

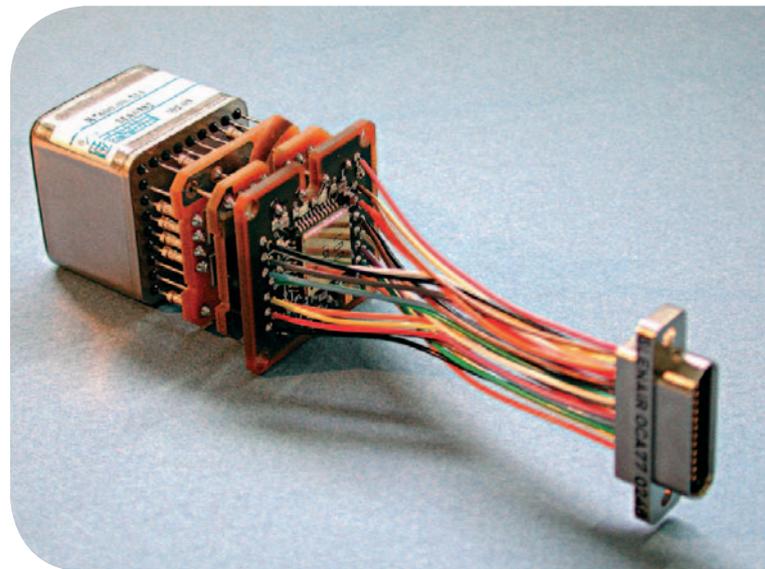


Figure 2 : Tube PM et électronique Front-End pour AMS

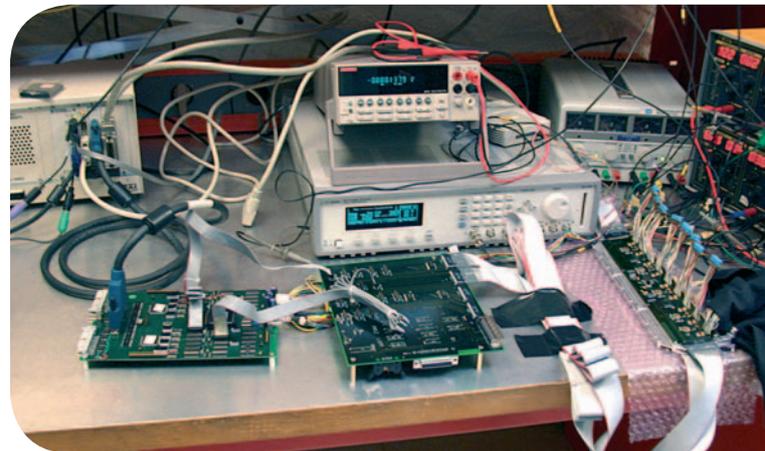


Figure 3 : Carte d'acquisition pour AMS

### VIRGO

Le LAPP joue un rôle majeur dans la conception et la réalisation de l'électronique de VIRGO.

Le banc de détection est chargé de détecter le signal de sortie de l'interféromètre. Le système vidéo, les photodiodes de mesure et l'électronique d'amplification, de démodulation et de numérisation sont opérationnels sur le site. Les modifications de l'électronique (passage de la fréquence de modulation de 12.5MHz à 6.27MHz) ont été réalisées et installées sur le site en 2003.

Le système d'acquisition permet d'acquérir, formater et assembler les données provenant des divers systèmes de détection et est opérationnel sur le site.

Le système de calibration doit permettre d'étudier la sensibilité de VIRGO et de contrôler l'interféromètre en agissant sur les miroirs : la première version a été installée en 2002.

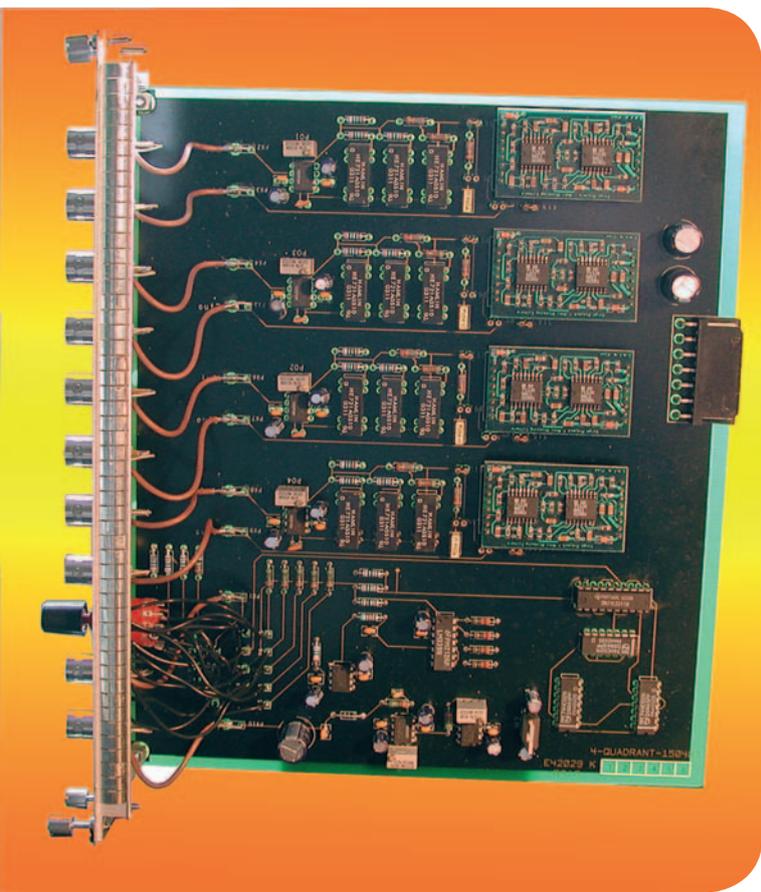


Figure 4 : Carte quatre quadrants VIRGO

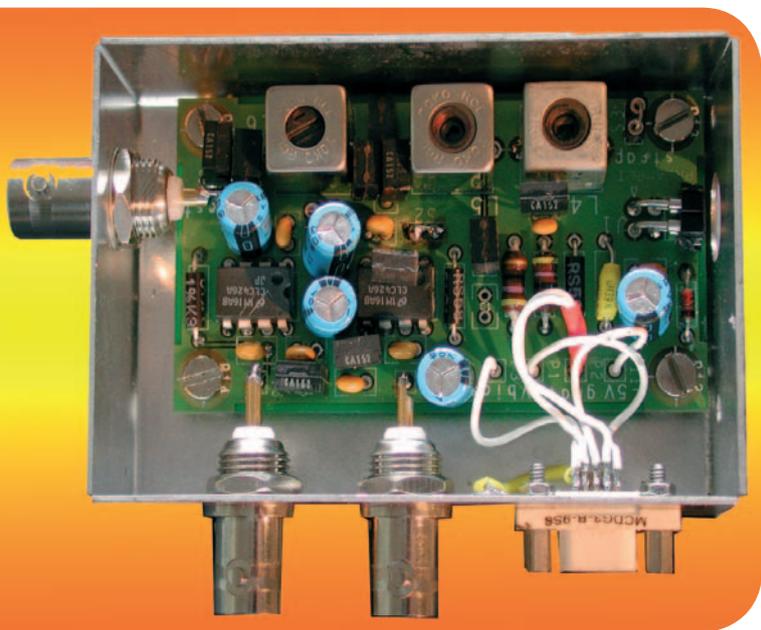


Figure 5 : Préampli et photodiode pour Virgo

## LHCb

Dans le cadre de l'expérience LHCb, la contribution du LAPP en électronique est :

- De personnaliser en langage descriptif de haut niveau (VERILOG et VHDL) une partie de l'électronique des FPGA (Altera-stratix) contenus dans la carte

commune «TELL1» conçue par Lausanne et le CERN pour tous les détecteurs LHCb. La particularité des études au LAPP est d'assurer différents traitements spécifiques aux détecteurs « calorimètre ». 22 de ces cartes TELL1 (personnalisées aux calorimètres) seront nécessaires pour traiter l'ensemble des détecteurs ECAL, HCAL, PS et SPD de LHCb.

- De concevoir une carte pouvant générer des vecteurs de test pour la carte TELL1. Son cœur comporte un FPGA de grande capacité (Altera-cyclone) décrit en VHDL. Les vecteurs sont téléchargés grâce à l'implantation d'une liaison I2C pouvant piloter la mémoire du FPGA. Sept de ces cartes ont été fabriquées pour faciliter les tests des 300 cartes TELL1 prévues d'ici fin 2005 par Lausanne.

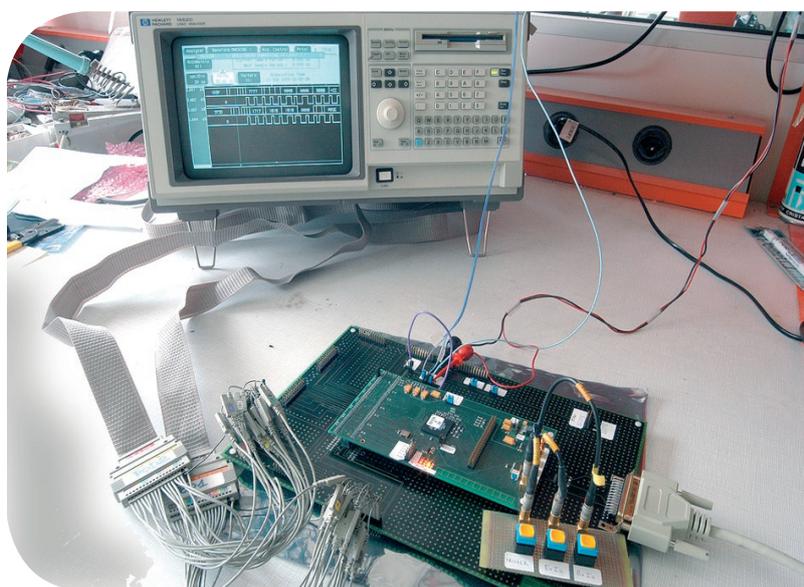


Figure 6 : Banc de mise au point pour LHCb

- De concevoir et réaliser 44 cartes de «validation» situées dans la partie Front-End des calorimètres initialement pris en charge par un autre laboratoire français (LAL). Cette carte traitera les données de plusieurs cartes Front-End des calorimètres pour en générer des informations utiles à la confection du trigger rapide (niveau 0) de l'expérience LHCb. Tous les composants de cette carte seront choisis pour tenir à de forts taux de radiation. Ainsi par exemple, les FPGA retenus seront des Actels.

## OPERA

Le manipulateur de briques est la contribution du groupe du LAPP à la réalisation du détecteur de l'expérience OPERA. Le service électronique a en charge le développement des automatismes et la supervision de ce dispositif.

Ce manipulateur comprend 2 niveaux de contrôle :

- Le niveau le plus proche du matériel (moteurs, actionneurs divers, capteurs) qui est celui des automates qui vont faire exécuter des mouvements aux briques par l'intermédiaire des moteurs électriques asservis. Le

pilotage des différents mouvements est réalisé par l'intermédiaire du logiciel de programmation PL7 Pro. Ces développements sont réalisés dans le cadre d'une collaboration avec l'ESIA pour tout ce qui concerne la partie automatisme.

- Le niveau supérieur qui va ordonner des actions ou des séquences d'actions en envoyant des séries de directives avec les paramètres correspondants aux automates. C'est le niveau supervision qui coordonne

toutes les informations utiles venant des automates pour mettre à jour les données concernant la manipulation des briques. Cette partie sera développée en C++ et avec CORBA en ce qui concerne les dialogues avec le reste de l'expérience.

La programmation des automates se poursuit normalement et le développement du superviseur a débuté en juillet 2003. Le dispositif doit être opérationnel en janvier 2005.

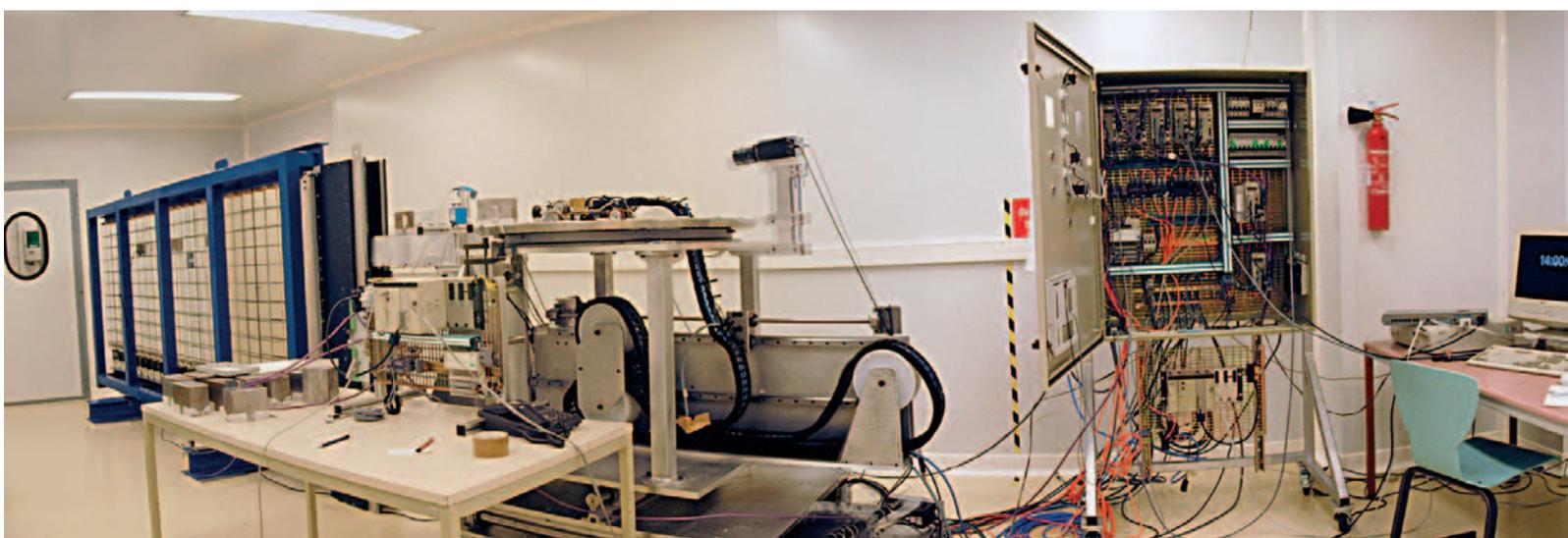
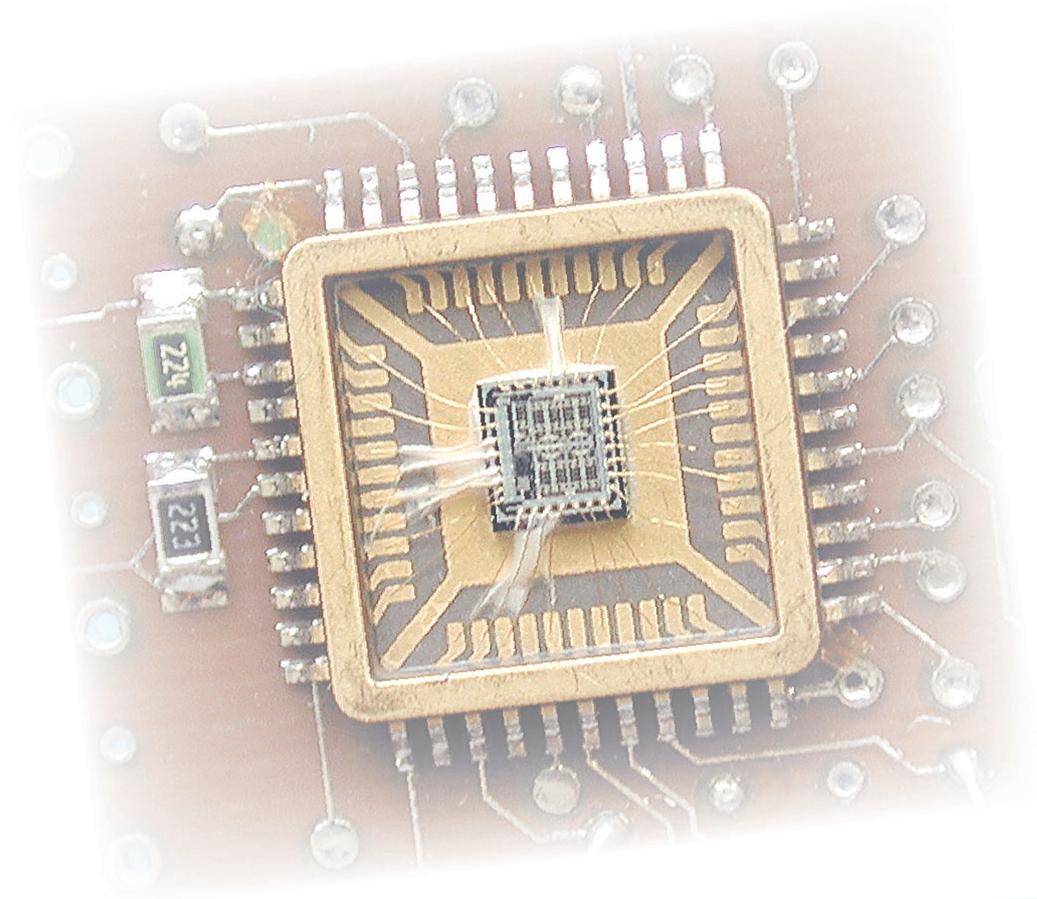


Figure 7 : Manipulateur de brique d'OPERA (BMS)



# Service informatique

A. Bazan, F. Bellachia, Y. Bertsch, C. Billat, T. Bouedo, F. Chollet, M. Cottin, A. Derible, G. Dromby, L. Fournier, F. Girault, M. Gougerot, S. Garrigues, G. Ionescu, N. Iribarnes, J. Jacquemier, T. Le Flour, S. Lieunard, M. Maire, A. Masserot, **N. Neyroud**, J-L. Panazol

**Stagiaires** : J. Anglade, J-M. Avé, M. Baechtel, F. Belouin, O. Berger, P. Berthier, G. Bourachot, R. Cherchi, J. Cottinet, S. Ducruet, M. Flament, S. Fourey, A. Lefour, O. Ménagé, N. Sandraz

## Missions

Le service informatique assure deux missions essentielles, d'une part une mission de type service général pour la mise en place et l'administration des systèmes et réseaux informatiques nécessaires à l'activité du laboratoire incluant le support de l'informatique scientifique, technique et administrative, d'autre part une mission de soutien aux expériences en contribuant aux projets des groupes de physique grâce à une expertise dans les domaines du temps réel, du génie logiciel, des bases de données et des technologies orientées objet.

## Organisation

Le service général est constitué d'une équipe de sept ingénieurs et techniciens qui prennent en charge la gestion des postes de travail microinformatiques, l'administration des serveurs, du réseau et de tous les équipements informatiques telles les imprimantes ou les terminaux X. Il est également dans leur mission de prévoir l'évolution des outils pour anticiper ou répondre aux besoins des utilisateurs.

Le support aux expériences est constitué de quatorze ingénieurs et techniciens regroupés selon deux activités principales, la première qui concerne le domaine de l'acquisition et du traitement en ligne des données et qui fait appel à des technologies informatiques temps réel très proches de l'instrumentation, la seconde destinée aux phases de simulation, production et analyse de données qui nécessite des compétences en génie logiciel, bases de données et technologies orientées objet.

De plus, une personne assure un service en infographie avec la création et la gestion des documents multimédias.

## Ressources Informatiques

Depuis ces dernières années, le service informatique a dû faire face à plusieurs évolutions, tant au niveau des postes de travail que des serveurs.

La première évolution liée à la volonté des utilisateurs de privilégier un poste de travail de type PC sous Windows, poste fixe ou portable, a eu un impact fort sur l'administration du parc informatique avec un besoin primordial de gestion centralisée et de prise en compte des aspects de sécurité d'accès et de sécurité des données d'où la mise en place de serveurs d'administration centralisée, de serveurs d'antivirus et de systèmes de sauvegarde. De même, toujours au niveau poste de travail, le besoin exprimé d'évolution vers le monde Linux a conduit à retenir une stratégie d'utilisation des technologies de machines virtuelles qui permettent, grâce au logiciel VMware, d'exécuter dans un

environnement Windows une machine virtuelle LINUX. L'accueil des postes portables comme tous les aspects liés au nomadisme ont également un impact fort sur l'évolution du parc, et de nombreux services (basés sur les protocoles DHCP, SAMBA, LDAP, NIS...), permettant d'identifier et de reconnaître les utilisateurs des ressources réseau, ont dû être renforcés.

Au niveau des serveurs, l'évolution progressive vers le monde Linux, largement justifiée par ses coûts et par un souci de compatibilité avec le centre de calcul de l'IN2P3, a nécessité une remise en question des services hébergés par des machines généralistes pour privilégier des machines dédiées, entre autres pour la messagerie sécurisée, le serveur d'impression, les serveurs de fichiers NFS associés à des technologies de stockage sécurisés (technologie RAID), le serveur web et les serveurs interactifs d'accès aux centres de calcul.

Chaque utilisateur dispose aujourd'hui d'un poste informatique sur son bureau, poste fixe ou même portable lui offrant à la fois des ressources locales et toute la connectivité requise pour accéder à des ressources partagées distantes. Cette évolution a été rendue possible par les performances accrues du réseau local : en effet depuis 2003, le laboratoire dispose d'une salle informatique câblée en Gigabit et des accès à 100 Mbits/s dans chaque bureau. Un réseau sans-fil a également été mis en place, il est essentiellement destiné à l'accueil des visiteurs fréquemment équipés de ce type de réseau.

Fortement hétérogène, le parc actuel est constitué de plusieurs pôles dédiés à des activités différentes (CAO, calcul scientifique, informatique administrative, instrumentation...). Il comprend une quinzaine de serveurs sous LINUX, Unix et Windows, une vingtaine de stations de travail sous Unix/Linux, quelques Mac, soixante terminaux X et près de trois cents PC sous Windows dont une cinquantaine en environnement VMware avec LINUX, tous connectés au réseau local.

L'informatique au LAPP est conditionnée par la recherche et de ce fait respecte une cohérence forte avec le monde de la physique des particules dont les moyens de calcul sont géographiquement distribués entre les centres de calcul déportés (CC-IN2P3, CERN), les sites expérimentaux et les laboratoires.

Le LAPP porte donc une attention particulière à l'existence de réseaux haut débit et fiables reliant le laboratoire aux

centres de calcul et au réseau de la recherche RENATER. Le LAPP est actuellement relié de manière redondante d'une part au CERN par une ligne IN2P3 à 10 Mbits/s puis entre le CERN et le centre de calcul de Lyon par une ligne à 1 Gigabit/s, et d'autre part, au réseau régional AMPLIVIA par une ligne à 16 Mbits/s plus performante mais partagée avec tous les utilisateurs du campus universitaire d'Annecy-le-Vieux. L'évolution des réseaux de recherche, particulièrement sensible dans notre domaine, est conditionnée par les volumes croissants de données, les besoins de temps de réponse et de qualité de service ainsi que l'évolution des applications (visioconférence, ressources de calcul ou de stockage distribuées, applications graphiques...).

### Service général

Une équipe de sept ingénieurs et techniciens assure la mise en œuvre du service général en informatique. Cette équipe assure les achats informatiques, l'ensemble des activités d'exploitation du parc informatique (administration des systèmes, service de sauvegarde et de restitution informatique, gestion et surveillance du réseau local, gestion des comptes utilisateurs, sécurité informatique...) et offre une assistance aux utilisateurs. Le support à l'utilisation des moyens informatiques comprend différentes activités :

- Maintenance générale des ressources communes : entretien des imprimantes et du matériel en accès libre, consommables, premier cercle d'intervention.
- Support du parc microinformatique.
- Interventions au quotidien (connexions au réseau, installations, dépannage...).
- Support téléphonie, visioconférence et communications extérieures.
- Documentation, communication et formation des utilisateurs.

Le service général informatique peut également être amené à initier le développement d'outils d'administration système complémentaires et il collabore alors avec des stagiaires ou des ingénieurs de développement pour l'étude et l'implémentation de ces logiciels. Dans cette catégorie on trouve les projets suivants : gestion du parc informatique, outils d'administration réseau et comptabilité des impressions.

Cette équipe assure également un support dans le domaine administratif. Une assistance est apportée pour la maintenance des logiciels de gestion fournis par les organismes de tutelle, comme dans le cas de la gestion financière et de la médecine du travail.

### Infographie

Un service dédié à l'infographie répond aux besoins de tous les groupes expérimentaux et contribue à améliorer la communication et la diffusion interne ou externe de l'information scientifique et technique. Il a pour mission d'assurer les prises photo et vidéo, l'archivage des documents, la conception de pages WEB, la réalisation de travaux graphiques, ainsi que la création et la gestion des

documents multimédias. Le service d'infographie réalise également des travaux de création graphique et différents supports de communication (cd-roms, montages photographiques, cartes professionnelles, panneaux...) pour des besoins et occasions multiples : folios de fabrication, notices de montage, présentation de réalisations techniques, Science en fête, affiches de manifestations, relations extérieures.

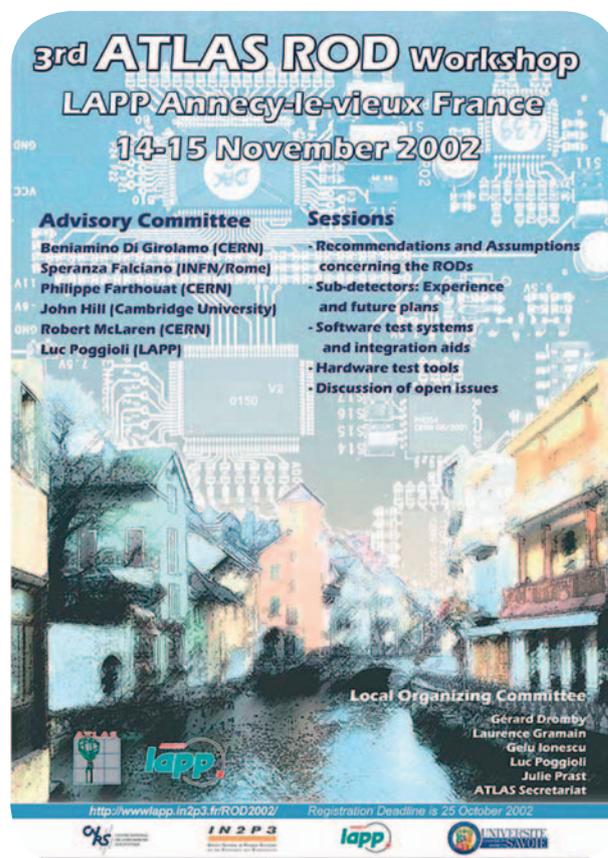


Figure 1 : Affiche réalisée pour ATLAS ROD workshop

### Enseignement, Stages

Le service met ses connaissances au service des enseignements en classes préparatoires, IUT, DESS, formation alternée et accueille très régulièrement des stagiaires de niveau assistant ingénieur ou ingénieur pour des périodes de 2 à 6 mois.

### Projets expérimentaux

#### Systèmes temps réel d'acquisition et de traitement en ligne

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.

La contribution apportée au groupe VIRGO depuis plus de neuf ans a permis l'élaboration de solutions matérielles mais également le développement et l'optimisation d'applications temps réel spécifiques. Le groupe a acquis une expertise très pointue dans les domaines techniques VME/VSX, UNIX et LynxOS, assurant notamment la mise en œuvre des bancs de tests instrumentés et la mise au point

des pilotes de cartes électroniques spécifiques. Depuis trois ans, l'équipe apporte également un support à l'utilisation de la technologie DSP dans le cadre du projet ROD du groupe ATLAS.

### VIRGO

Le service informatique a participé à la conception et à la mise en œuvre du système d'acquisition de l'expérience VIRGO, aujourd'hui opérationnel sur le site de Cascina. Les développements logiciels pris en charge concernent le système de collection et de mise en forme des données de l'expérience, le système de génération et de distribution des signaux d'horloges ainsi que les logiciels de contrôle du banc de détection de l'expérience. Le système de collection des données est constitué de plusieurs dizaines de châssis VME équipés de processeurs sous LynxOS connectés sur Ethernet et reliés par des liens optiques réalisant des connexions de données rapides à longues distances. Trois informaticiens ont travaillé à plein temps pour élaborer une architecture logicielle standard permettant de prendre en compte les contraintes temps réel de l'expérience au niveau de l'asservissement et du contrôle des bancs instrumentés et capable d'assurer la collection des données issues des différentes parties de l'interféromètre. Ils ont pris une part active à l'installation sur site et contribué à l'entrée en opération du système de collection de données dont le laboratoire a la responsabilité vis à vis de la collaboration VIRGO. La mise en route de l'interféromètre central a requis de nombreuses périodes de présence sur le site de la part des équipes techniques.

### ATLAS - Projet ROD

Les implications informatiques sont étroitement associées au projet ROD (*Read Out Driver*). Electroniciens et informaticiens collaborent en effet à la réalisation d'une partie du système de lecture et de traitement des données issues du calorimètre électromagnétique d'ATLAS. La carte ROD constitue le premier étage de traitement des données issues du détecteur. Les données ayant franchi la *pipeline* analogique de niveau 1 sont numérisées puis traitées, au niveau de la carte ROD, par un processeur DSP chargé de les mettre en forme et d'extraire du signal les grandeurs physiques qui le caractérisent. Les informaticiens ont assuré un support au projet électronique de conception d'une carte démonstrateur en réalisant différentes études relatives à la programmation DSP. Ils ont également contribué à la mise en œuvre d'un banc de test ainsi qu'au développement de logiciels permettant à la fois de tester et valider les cartes produites et de simuler les conditions expérimentales. Le service informatique est également associé à l'étude du système de calibration et de surveillance en ligne dédié au détecteur.

### Logiciels spécifiques – Support pour la simulation et l'analyse des données

Le service informatique contribue au sein des groupes du laboratoire au développement et la mise en œuvre des logiciels propres à la discipline, permettant notamment la simulation ou l'analyse des données expérimentales en temps différé. L'évolution la plus marquante de ces dernières années concerne l'approche « orientée objet » qui tend à se

généraliser à toutes les étapes d'un projet logiciel depuis la conception jusqu'au codage. Compte tenu de l'évolution des besoins des expériences et de l'évolution rapide des technologies, l'organisation du calcul scientifique et l'élaboration des systèmes de gestion des données sont des enjeux majeurs pour aborder l'ère du LHC. La contribution des informaticiens aux projets futurs, la nature du support informatique qui sera essentiel aux groupes impliqués dans l'analyse des données expérimentales doit faire l'objet d'une attention toute particulière. De même, lors de la conception d'utilitaires pour le laboratoire, les informaticiens utilisent dès que possible ces nouvelles technologies.

### ATLAS - Environnement d'Analyse Athena

Dans le cadre de l'environnement logiciel de l'expérience ATLAS (ou «*framework* Athena»), la maîtrise des techniques orientées objet a permis aux informaticiens du laboratoire d'être fortement impliqués dans le cadre du développement de l'un de ses composants majeurs. Le laboratoire a en effet collaboré avec le LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) sur le projet de «*Data Dictionary*» qui devait fournir aux physiciens des outils facilitant la description des objets représentant les données et leur intégration dans l'environnement Athena. A partir de l'analyse syntaxique de la description des objets, il devrait être possible de générer le code nécessaire à l'intégration de ces objets dans l'environnement logiciel Athena et d'assurer les mécanismes de persistance. Au cours de l'exécution du «*framework*», le service de dictionnaire prend en charge la gestion des objets décrits (identification, accès) et fournit à l'utilisateur un accès interactif aux données membres de ces objets. Faisant suite au prototype réalisé en 2001, une partie importante du développement a été menée à bien : la première étape a été la définition d'un langage de modélisation des objets, à partir de cette description des objets, des outils de génération automatique de squelettes de code et de génération automatique de convertisseurs pour la persistance ont été développés. Le développement a enfin été intégré dans le «*framework* Athena», toute la documentation nécessaire à l'utilisation de ces outils a été produite

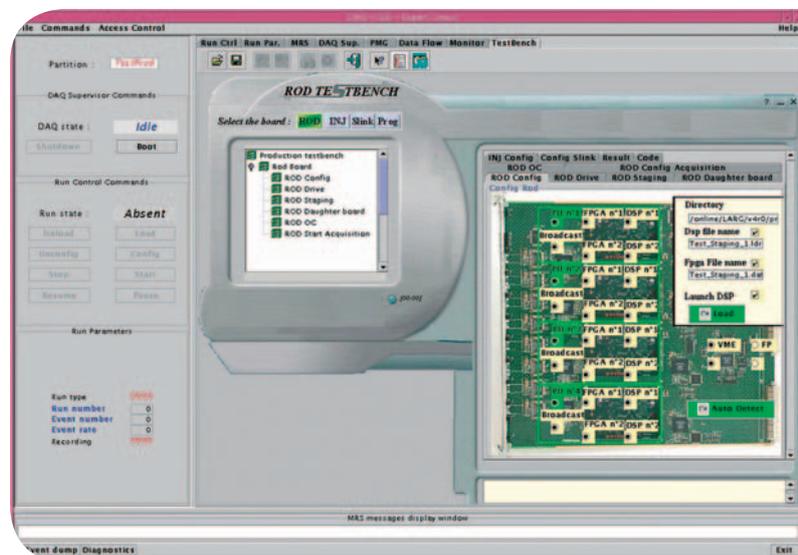


Figure 2 : Un écran d'utilisation du logiciel développé au LAPP, banc de test du projet ATLAS -ROD.

et trois formations ont été données aux utilisateurs. Finalement, face au développement d'outils communs aux quatre expériences LHC en particulier dans le domaine de la persistance et du dictionnaire associé, la collaboration a décidé de ne pas poursuivre ses efforts selon cette orientation. Ce projet s'est achevé fin 2002 par une contribution à CHEP2003 (Computing in High Energy in Physics).

### Simulation et expertise GEANT4

Le logiciel GEANT 4 définit un cadre général pour l'analyse des expériences au LHC. Faisant appel aux technologies orientées objet, il succède au logiciel GEANT 3 encore utilisé en Physique des Particules comme outil d'aide à la simulation des dispositifs expérimentaux. Aujourd'hui, la contribution de l'IN2P3 à la collaboration GEANT 4 valorise le travail de recherche et développement effectué dans le cadre de la collaboration RD44. L'expertise acquise permet d'offrir aux groupes expérimentaux un support à l'utilisation de GEANT 4. Aujourd'hui, des membres de l'IN2P3, et en particulier du LAPP, sont coordinateurs de certains groupes de travail de la collaboration GEANT 4.

### Projet OPERA

Dans le cadre du projet OPERA, l'équipe du LAPP, qui est en charge du manipulateur de briques et donc de la réalisation et de l'automatisation de ce système, a demandé à l'équipe informatique de gérer le développement de la base de données destinée à contenir les informations liées au cycle de vie des 206.336 briques du détecteur. Chaque brique, assemblée avec d'autres en mur pour former le détecteur d'OPERA, est constituée d'un sandwich de plomb et de films d'émulsion photographique ainsi que d'une feuille amovible et interchangeable destinée à permettre une analyse préliminaire. Chaque brique a un cycle de vie très complexe, qui peut se résumer dans le cas le plus simple par les étapes suivantes : fabrication de la brique sur le site de l'expérience, puis chargement dans l'un des murs du détecteur, extraction sur demande pour analyse préliminaire et réinsertion en cas d'analyse négative ou traitement du développement complet en cas d'analyse positive. Une première étape de spécification informatique

a permis de définir les acteurs du système, les cas d'utilisation principaux et les différents scénarii. La complexité de ce développement réside également dans le nombre d'interfaces nécessaires avec les autres sous-systèmes tels la base de données de fabrication des briques, la base de données du manipulateur lui-même, les systèmes de scanning des émulsions ou le système d'acquisition qui devra donner la liste des briques à extraire. Le projet est aujourd'hui entré en phase de test des communications avec les applications externes. Les choix technologiques de l'expérience sont d'utiliser une base de données relationnelle, l'équipe du LAPP ayant, quant à elle, décidé un développement basé sur CORBA et les technologies orientées objet.

### La Grille

Le LAPP au sein de l'IN2P3 participe depuis deux ans à plusieurs projets de grille de calcul, en particulier au projet européen de recherche et développement DATAGRID né des nécessités des grandes expériences de physique des particules, également soutenu par le CNRS aux côtés du CERN. L'enjeu est de partager à grande échelle, via un réseau à très haut débit, des ressources informatiques et des données, en proposant à l'utilisateur un accès transparent et aisé à des moyens de calcul et de stockage intensifs et distants. Ainsi les applications développées et mises au point localement par les chercheurs présents dans les laboratoires pourront être mises en production massive en mobilisant toutes les ressources

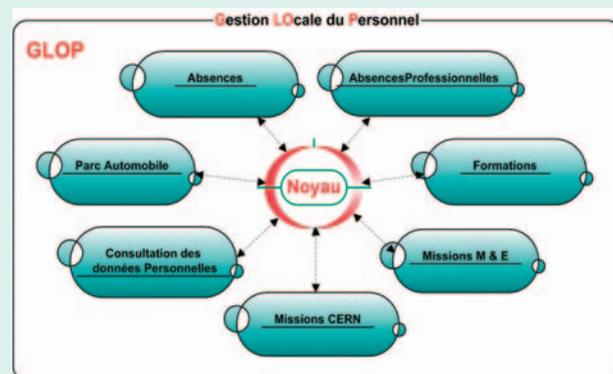


Figure 4 : L'architecture modulaire du logiciel de gestion du personnel développé au LAPP.

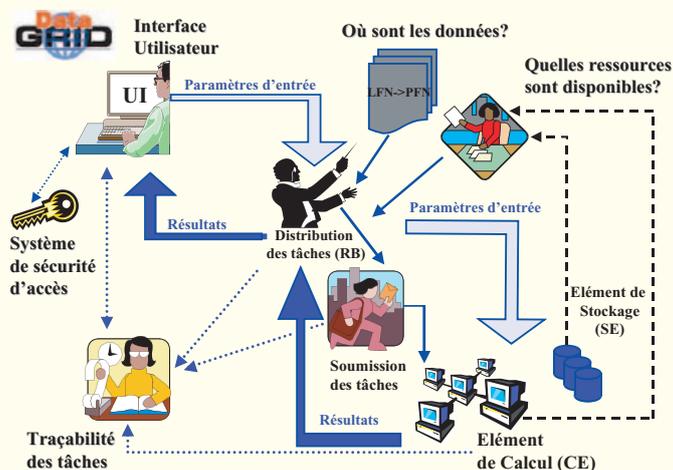


Figure 3 : Architecture logicielle du projet de grille Européen - DATAGRID.

informatiques disponibles sur le réseau et présentes dans les grands centres de calcul de la discipline. Depuis 2003 le laboratoire s'est également impliqué grâce à un ingénieur détaché au CERN, dans le projet LCG du CERN (LHC Computing Grid) destiné à fournir une infrastructure de grille pour les expériences de physique des particules liées à l'accélérateur de particules LHC. De plus le service s'implique au sein d'une collaboration avec un industriel sur la nouvelle génération du logiciel de base intégré dans la majorité des grilles actuelles : GLOBUS, conforme aux standards émergents en terme de spécifications : les Gridservices basés sur la technologie des webservices.

### Gestion de Personnel

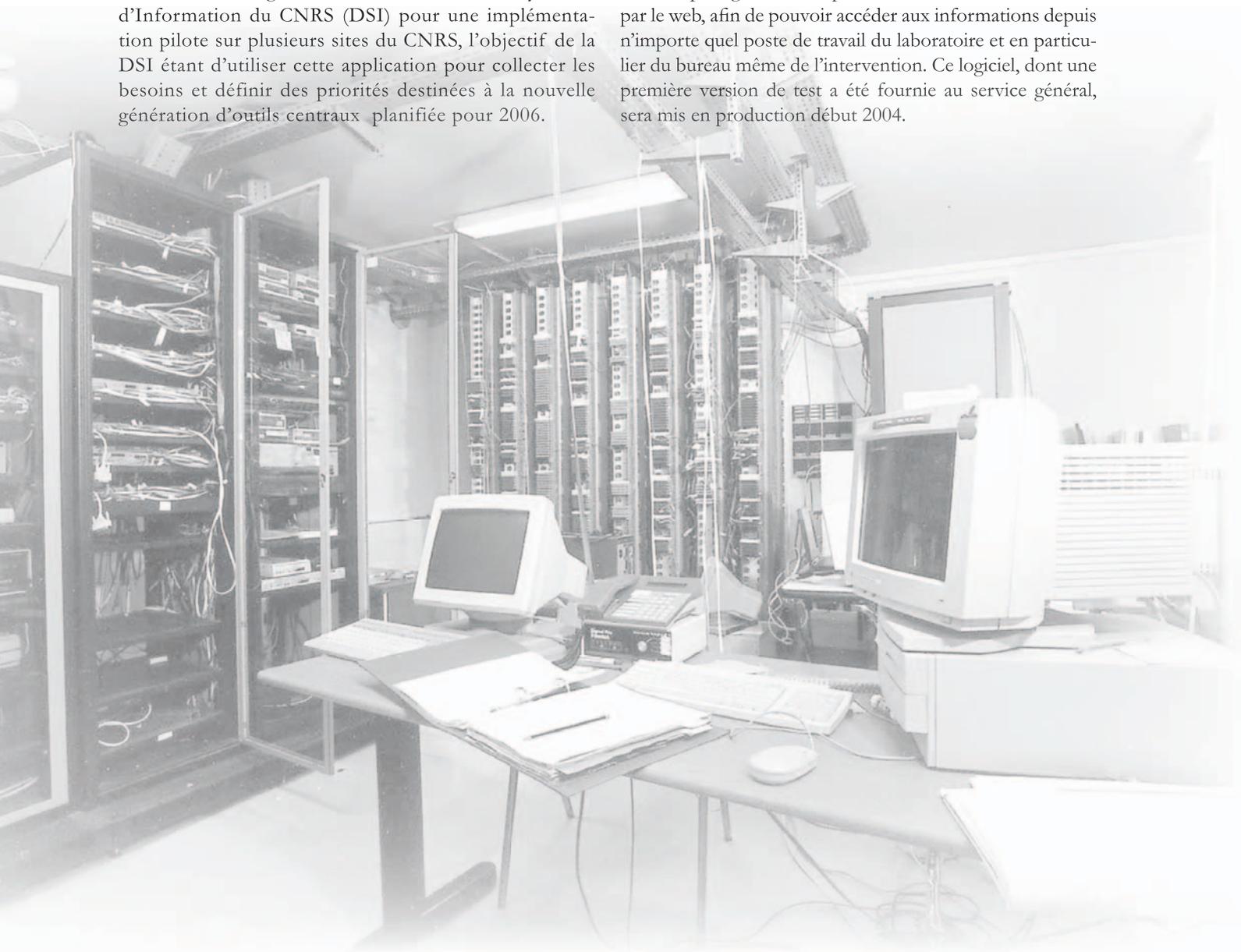
Suite à un audit interne portant sur l'utilisation des bases de données au laboratoire (état des lieux, recensement des besoins et préconisations), et à partir d'un cahier des

charges élaboré par le service administratif, il a été initié l'étude et le développement d'une application destinée à la gestion locale du personnel d'un laboratoire. Dans la phase de spécification, l'ingénieur en charge du développement a fait le choix d'une architecture basée sur une structure distribuée (Java, JDBC, base de données relationnelle) faisant appel à une base de données centralisée au Centre de Calcul de Lyon avec extraction des informations sur les agents depuis l'Info Centre des services centraux du CNRS. Cette application qui est en production depuis le deuxième trimestre 2002 fait l'objet d'une adhésion très forte de tout le personnel, que ce soient les agents ou les services administratifs. Présentée aux directeurs des laboratoires de l'IN2P3 elle a suscité l'intérêt de plusieurs d'entre eux.

Depuis le premier trimestre 2003, l'équipe du laboratoire est en contact régulier avec la Direction des Systèmes d'Information du CNRS (DSI) pour une implémentation pilote sur plusieurs sites du CNRS, l'objectif de la DSI étant d'utiliser cette application pour collecter les besoins et définir des priorités destinées à la nouvelle génération d'outils centraux planifiée pour 2006.

### Gestion de Parc Machine

Avec une démarche parallèle, une refonte de la base du «parc machine» existante a été réalisée dans le but de mettre en place un outil plus complet et plus facile d'accès. La gestion du parc machine a pour but de stocker et de centraliser l'information concernant tous les équipements informatiques du laboratoire gérés par l'équipe système. La justification d'un tel logiciel est la possibilité de mettre en relation des entités aussi disparates que personne, prise réseau, nom de machine, historique des interventions, fournisseur, configuration, ... qui réunies, permettent aux experts devant intervenir sur les postes de travail, équipements informatiques ou sur le réseau d'avoir une vue complète du parc. D'autre part cette refonte permettra l'ajout de fonctionnalités telles la planification des interventions ou la gestion des connexions réseaux. Elle offre aussi la possibilité d'avoir un utilitaire partageable entre plusieurs utilisateurs et accessible par le web, afin de pouvoir accéder aux informations depuis n'importe quel poste de travail du laboratoire et en particulier du bureau même de l'intervention. Ce logiciel, dont une première version de test a été fournie au service général, sera mis en production début 2004.



## Service mécanique

J. Ballansat, J-F. Ballansat, J-P. Baud, A. Baudin, Y. Beeldens, F. Cadoux, M. Cailles, P. Delebecque, J-M. Dubois, G. Gaillard, L. Giacobone, **C. Girard**, A. Jérémie, L. Journet, B. Lieunard, P. Mugnier, I. Monteiro, F. Peltier, T. Rambure

**Stagiaires** : B. Blanchard, C. Couturier, S. Duchene, D. Goujet, C. Montanari, G. Ordureau, M. Porez, C. Wanzer

### Missions

Conception, étude, réalisation, C.A.O et calculs de structures sont les domaines d'activité des 19 agents du service de mécanique du LAPP. La mission du service consiste à prendre en charge la réalisation d'un ensemble ou d'un sous-ensemble mécanique d'un appareillage de physique. Les expertises se font au niveau de la définition, de la faisabilité, du prototypage, de la sous-traitance et du montage sur site d'expérience. Son organisation s'articule autour d'un bureau d'études et d'un atelier ; ces deux compétences se retrouvent dans les équipes de projet mises en place pour chaque expérience sous la responsabilité d'un ingénieur de projet.

### Organisation et Formation

Les groupes s'inscrivent le plus souvent dans des collaborations internationales pouvant atteindre plusieurs dizaines d'équipes. Une compétition importante et des dates de réalisation souvent contraignantes demandent rigueur et organisation.

Compte tenu de la diversité des problèmes rencontrés, une forte adaptabilité des personnes du service est indispensable. Une bonne connaissance du tissu industriel local et national est également nécessaire pour le suivi des travaux en sous-traitance. Les connaissances du personnel sont régulièrement actualisées par le suivi de stages de formation aux techniques nouvelles. Signalons enfin que le service accueille chaque année 4 à 5 stagiaires d'horizons divers (IUT, maîtrise, école d'ingénieurs).

Dans le cadre des projets VIRGO, ATLAS, AMS, OPERA et LHCb les méthodes d'organisation du travail et de gestion documentaire doivent prendre en compte les points suivants : spécifications techniques de besoin, gestion de documentation par archivage centralisé, numérotation automatique des documents, différenciation de documents à usage interne ou public, planning prévisionnel, affectation des ressources, revues de conception, revues critiques de définition.

Parallèlement à ces activités, chacun se voit confier des tâches d'intérêt général nécessaires au bon fonctionnement du service (gestion du matériel, informatique, documentation technique, gestion de l'outillage, entretien du parc machines).

### Moyens de réalisation, métrologie et essais

L'essentiel des réalisations est sous-traité. Localement sont surtout élaborés des prototypes et des éléments de finition en cours d'assemblage. Le parc de machines-outils

du laboratoire est très diversifié (fraiseuses, tours, fraiseuse à commande numérique de 700x500x500 mm<sup>3</sup>). Un atelier de soudure (TIG, MIG) est également à la disposition des équipes de montage.

Le service possède une machine de mesure tridimensionnelle pour le contrôle des pièces réalisées dont la résolution peut atteindre 5 µm sur des déplacements de 700 mm.

Nous disposons aussi des équipements suivants qui permettent des tests élaborés sur les prototypes réalisés :

- Une étuve cyclique avec une plage de température de  $\pm 80^{\circ}\text{C}$ .
- Une sonde à ultra sons avec bac d'immersion
- Une machine de traction.
- Une centrale d'acquisition pour jauges extensiométriques, thermocouples, etc.
- Un binoculaire équipé d'une caméra avec un logiciel d'analyse d'image.
- Un analyseur de gaz.
- Un détecteur de fuite à l'hélium.
- Plusieurs salles blanches.

### Activité CAO

Le bureau d'étude est doté de CAO 2D - 3D, avec les logiciels EUCLID et CATIA standardisés au sein de l'ensemble des laboratoires de l'IN2P3. Huit stations de travail de 1Go de mémoire et d'une capacité de stockage de 25 Go sont affectées à l'activité conception, cet ensemble est connecté à un serveur et au CCIN2P3 de Lyon. Cette structure permet la gestion et la réalisation de projets mécaniques importants. Ces travaux peuvent être réalisés en collaboration avec d'autres laboratoires grâce à l'échange de fichiers par le réseau. Un post processeur permettant d'utiliser la CFAO de CATIA en liaison avec la commande numérique de l'atelier a été étudié et installé en fin d'année 2003.

Le service possède également des codes de calcul par éléments finis SAMCEF, NASTRAN, ACORD, CATIA. Ces logiciels permettent de réaliser des simulations sur le comportement des appareillages (thermomécanique, vibration, électromagnétique, composites), optimisant les dimensions des pièces et diminuant le nombre d'essais à réaliser avant de passer à la construction.

Pour la définition préliminaire du calorimètre d'AMS, nous avons utilisé «NASTRAN» pour calculer les modes propres de vibration et le calcul des contraintes mécaniques dans les cas de sollicitations dynamiques extrêmes sous des accélérations de 15 g.

Pour le projet LHCb la sécurité du CERN demande une évaluation des déformations des structures mécaniques des calorimètres d'une hauteur de 12 mètres soumises à des sollicitations sismiques ; dans ce cadre nous avons développé nos compétences dans l'utilisation des modules de calculs sismiques de SAMCEF.

## Conception des projets

Il s'agit, dans un premier temps, de concevoir à l'aide des outils informatiques la géométrie de l'appareillage, puis ensuite de tester, sélectionner ou mettre au point les matériaux qui seront utilisés. Les contraintes très spécifiques des cahiers des charges nécessitent des études approfondies.

Le plus souvent, les appareillages de quelques kilogrammes à plusieurs tonnes s'inscrivent dans un environnement restreint. Une précision sur la réalisation des pièces pouvant aller jusqu'au micron est parfois requise. Les structures mécaniques doivent être rigides et peu denses afin de ne pas dégrader la résolution de l'appareillage. C'est pourquoi, les matériaux composites à hautes performances mécaniques (fibre de carbone, fibre de verre...), apparaissent de plus en plus dans les structures de support. La géométrie des pièces réalisées devant être connue avec précision, leurs déformations sous chargement doivent être soigneusement calculées et contrôlées. L'uniformité et l'homogénéité des pièces construites deviennent alors des critères de qualité.

Par exemple la réalisation de la chambre à vide centrale de Virgo, 7 tours plus les tubes de liaison, est un projet complet de génie mécanique. A la conception et aux études s'ajoute la traçabilité complète de ces enceintes propres pour ultravide, de leur élaboration jusqu'à leur installation sur site. Ceci implique la rédaction, pour les parties attribuées au LAPP, de documents techniques parfaitement structurés pour les appels d'offre et le choix des sous-traitants. Il est indispensable de définir le mode de fabrication, les tests et les contrôles sur des documents établis conjointement avec les entreprises.

## Etude et mise en oeuvre de techniques spécifiques

Pour la réalisation de projets, il faut mettre en œuvre des techniques nouvelles et des matériaux classiques ou novateurs. Il est également essentiel de connaître parfaitement l'environnement dans lequel va fonctionner pour plusieurs années l'appareillage (taux de radiation, vide, tension électrique, température cryogénique, cycle thermique, propreté).

La diversité des projets dans lesquels le LAPP est impliqué permet aux personnels du service mécanique d'acquérir des compétences multiples dans le comportement, la mise en oeuvre ou l'utilisation de ces matériaux qui conduit souvent à des réalisations nouvelles (collage, pliage, usinage, contrôle géométrique, etc...) et de techniques nouvelles.

Dans le cadre du projet VIRGO, une installation de pompage respectant les règles d'ultravide sans pollution d'hydrocarbure a été mise en oeuvre. Un vide de l'ordre de  $10^{-10}$  mbar a été obtenu en présence d'une pression partielle d'hydrocarbure inférieure à  $10^{-13}$  mbar. Ces résultats ont permis de valider l'ensemble du processus de fabrication des bas de tours. Les techniciens de VIRGO ont étudié et défini des scénarios de mise en place des optiques à l'intérieur des tours dans des conditions extrêmes de propreté. Moins d'une particule de 0,1 micron par millimètre carré à la surface des miroirs doit être obtenue.

D'autre part dans le projet spatial AMS, le système de collection de lumière implique le collage de feuilles minces réfléchissantes à l'intérieur de 1296 troncs de pyramide. La manipulation de ces feuilles se fait à l'aide d'un appareillage spécifique sous vide, le mode d'application de la colle de type optique a fait l'objet de nombreux tests qui consistent en des cycles de température  $+60^{\circ}\text{C}$   $-60^{\circ}\text{C}$  avec une période de 90 minutes. Cette réalisation après les tests de validation est mise en œuvre actuellement dans la production des collecteurs.

## Contributions aux expériences

Au cours des dernières années, les réalisations du service ont porté sur les expériences suivantes:

### VIRGO

Tests optiques pour la détection du signal, réalisations de pièces mécaniques très précises, puis études et réalisation du banc de détection définitif. La chambre à vide centrale, comprenant 7 tours, a été assemblée à Cascina. Les premiers tests de vide ont permis d'obtenir  $10^{-9}$  mbar après un étuvage à  $150^{\circ}\text{C}$ . Notre contribution mécanique à VIRGO vient de se terminer par l'installation des deux dernières tours aux extrémités des bras de l'interféromètre.

### ATLAS

Etude de l'assemblage de 64 absorbeurs et de 64 électrodes pour réaliser des modules d'un poids total de 3 tonnes chacun avec une précision d'empilage de 0.05mm. En salles blanches, les techniciens ont assemblé les 9 modules construits au laboratoire. Nous avons installé un cryostat à argon liquide ( $-197^{\circ}\text{C}$ ) permettant d'effectuer les tests électriques de 11 modules dans les conditions de fonctionnement du calorimètre. L'équipe a eu la responsabilité de la définition et de la réalisation de la structure porteuse du calorimètre électromagnétique composée d'anneaux intérieurs en fibres de verre époxy et d'anneaux extérieurs en acier inoxydable. La réception de ces pièces a comporté un contrôle géométrique et des tests mécaniques pour effectuer des mesures de déformation comparées à des valeurs calculées.

Ce travail se termine par l'assemblage au CERN des modules sous forme de deux roues assemblées qui ont été introduites dans le cryostat ATLAS.



Figure 1 : Installation des tests de cryogénie, mise en place d'un module du calorimètre ATLAS.

## AMS

Expérience d'astrophysique dont l'installation est prévue en Mars 2007 sur la station spatiale internationale ISS, pour une durée de 5 ans. Initialement nous avons réalisé les études de faisabilité et de définition préliminaire d'un calorimètre électromagnétique composé de plomb et de fibres scintillantes, en caractérisant les différents matériaux et simulant le comportement mécanique et thermique du calorimètre durant les différentes phases du vol.

L'équipe a en charge l'étude et la réalisation du système de collection de lumière, comprenant l'intégration de 324 photomultiplicateurs Hamamatsu à 4 pixels. Ceci englobe un important travail de simulation par éléments finis (dynamique, thermique et magnétique), complété par des tests de qualification spatiale sur un modèle d'ingénierie. Ces tests, réalisés en Chine et en Italie, nécessitent des installations spécifiques «Pots vibrants» permettant de solliciter le modèle d'ingénierie à de fortes accélérations (12g), dans un domaine de fréquences de 10 à 300 Hz. Des calculs électromagnétiques avec «SYSTUS», ont permis d'optimiser les dimensions et de minimiser le poids des blindages magnétiques des photomultiplicateurs du système de collection de lumière d'AMS.

L'ingénieur responsable des réalisations mécaniques d'AMS au laboratoire a aussi une mission de coordination au sein de la collaboration entre les laboratoires italiens, chinois, la NASA et la société Lockheed-Martin.

L'assemblage du modèle de vol débutera au début de 2004, les résultats des tests en cours permettront d'ajuster les

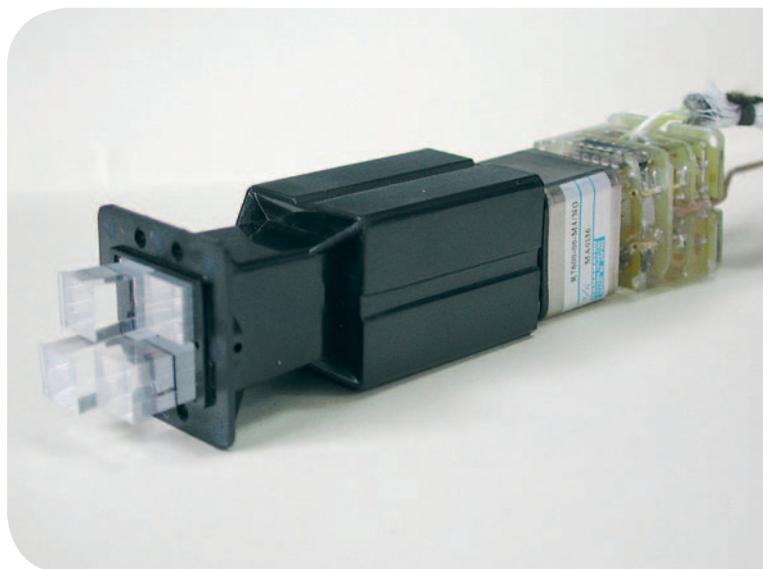


Figure 2 : Système de collection de lumière avec photomultiplicateur (AMS).

ultimes modifications. Nous sommes évidemment soumis aux exigences du domaine spatial en terme de sécurité et de choix des matériaux.

## OPERA

Dans le cadre de l'expérience OPERA le laboratoire réalise deux robots manipulateurs pour la mise en place et la gestion d'exploitation de 207000 briques. La brique pesant 8,6 kg est constituée d'un empilement de feuilles de plomb et d'émulsions photographiques.

Chaque manipulateur est constitué d'une plate-forme de 1300 kg qui coulisse verticalement à l'intérieur d'un portique sur 8 mètres de hauteur. Le manipulateur a une course de 20 mètres horizontalement. Il est suspendu à un ensemble « poutre rail » et guidé au sol avec un rail inférieur. La mise en place des 207 000 briques doit se faire en 12 mois. Le manipulateur doit se positionner avec une précision du 10<sup>ème</sup> de mm pour accoster le plateau porteur d'une rangée de briques avec un système automatique utilisant une caméra. Les briques stockées sur un barillet sont successivement poussées dans la rangée sélectionnée.



Figure 3 : Le manipulateur d'OPERA et sa plate-forme en cours de montage.

La durée de fonctionnement est au minimum de 5 ans, les manipulateurs effectueront chaque jour le remplacement d'environ 30 briques désignées par le système d'exploitation de l'expérience. Les plates-formes étudiées avec les différents mouvements, sont entièrement usinées, assemblées et testées dans l'atelier du laboratoire.

Les études de faisabilité et les tests sur un prototype de la plate-forme ont confirmé les choix des motorisations et des capteurs, ils ont aussi validé les séquences des différents mouvements. Ce projet demande des compétences en automatisme, une technique que nous maîtrisons avec l'aide d'un laboratoire de l'ESIA.

### LHCb

Le LAPP a en charge la conception et la réalisation des supports mécaniques des 3 calorimètres de l'expérience. Ces détecteurs ont une structure élancée (plus de 10 m de hauteur pour environ 1 m x 4 m de base) qui les apparente à des murs. Cette configuration est critique du point de vue de la tenue au séisme, une problématique qui doit maintenant être prise en compte de façon systématique dans les projets du CERN.

Pour cela le LAPP a utilisé ses compétences dans le champ de la simulation mécanique pour renforcer son potentiel

dans le domaine de l'analyse dynamique complexe des structures avec le progiciel SAMCEF. Il nous est possible de mettre en œuvre des méthodes normalisées (analyse modale spectrale) ou des analyses plus fines (réponse harmonique, réponse aléatoire).

L'installation des détecteurs doit débiter à la fin de l'année 2004.

### EUSO

Pour cette expérience d'astrophysique faite dans le cadre d'un projet ESA, le laboratoire a contribué, dans la phase A du projet, à la définition de la mécanique de la surface focale qui devrait comprendre environ 2000 photomultiplicateurs.

Dans le cadre de cette expérience, pour le projet Macfly, la réalisation et l'assemblage des équipements destinés à étudier la fluorescence dans différents gaz est en cours.

Durant ces deux dernières années le service mécanique a développé ses compétences dans la simulation mécanique des effets sismique et dynamique dans des tests mécaniques sur pot vibrant. Une machine à commande numérique, venue compléter le parc de machines-outils de l'atelier, permet de nouvelles réalisations au laboratoire.

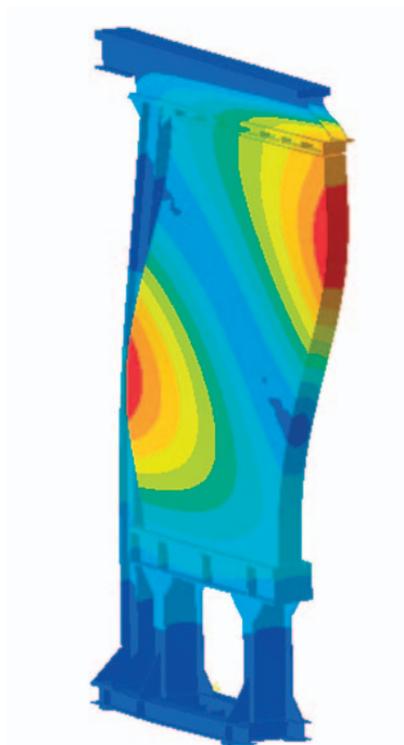


Figure 4 : Simulation de la déformation du calorimètre hadronique LHCb