

Service Electronique

D. Boget, C. Bombar, C. Boniface, J. Boniface, H. Bonnefon, B. Camberlin, F. Corageoud, G. Daguin, P-Y. David, J. Ditta, N. Dumont-Dayot, D. Fougeron, N. Fouque, R. Gallet, R. Hermel, V. C-Hermel, R. Kassi, J-C. Lacotte, N. Massol, F. Moreau, **M. Moynot**, G. Perrot, J-L. Panazol, J. Prast, B. Putanier, J. Tassan, S. Vilalte.

Stagiaires : V. Barbier, L. Chemartin, N. Chevillot

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.

Missions

- 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 20 personnes:

- 6 Ingénieurs de Recherche, 5 Ingénieurs d'Etude, 3 Assistants Ingénieurs, 2 Techniciens, ingénieurs stagiaires, tous spécialisés en conception électronique (analogique, numérique, microélectronique).
- 1 IE et 1 T gèrent les commandes, la documentation, la sous-traitance (bureau des achats électronique).
- 1 AI et 1 T 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 20 stations ou terminaux X pour l'utilisation de la chaîne de logiciels Cadence (saisie de schéma, routeur, simulateurs comportementaux, logique, analogique, logiciels de synthèse).

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 (logiciels de la société Cadence) :

- La saisie de schéma (Concept), les logiciels de placement-routage (Allegro, Spectra et Spectraquest), la description logique en langage VHDL, la simulation logique avec Leapfrog ou NCvhdl, les simulateurs logiques (Verilog) et analogique (Awb, Eldo), le logiciel de synthèse (Synplify), les logiciels liés aux circuits programmables (Altera, Amd, Xilinx), les logiciels de circuits intégrés (Artist).
- 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».
- Les électroniciens du LAPP ont acquis la compétence dans la réalisation de cartes en technologie mixte (analogique/numérique) en développant des ASIC pour trois expériences: CMS, AMS et ATLAS.

L'activité achat

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 l'IN2P3. Des stagiaires d'IUT ou d'école d'ingénieurs sont accueillis chaque année dans les différentes expériences.

Système documentaire

Plusieurs membres du service participent à différentes commissions au niveau du laboratoire et en particulier à la commission chargée de l'élaboration d'un système documentaire dans le cadre d'une démarche qualité.

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 : Ecoles 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), standard d'acquisition, technologies durcies, techniques de conversion, fibres optiques, outils de test, etc...

Le service se tient au courant des nouvelles techniques ou produits (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

Système de test des cartes ROD : réalisation d'un injecteur de données (2,4 Gbits/s) piloté par VME pour stimuler la carte ROD. Cette carte a été testée avec succès en utilisant les nouveaux logiciels JTAG et Spectraquest.

- 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 fonctionnel 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. Pour l'évaluation de ce produit, un ingénieur du service a développé avec les différents industriels les tests autour de la carte injecteur. Cette évaluation a permis l'achat du produit le plus adapté, l'organisation de la formation et la rédaction d'une notice d'utilisation.

- Spectraquest :

La réalisation de la carte injecteur ROD a fait appel au logiciel d'analyse de l'intégrité du signal disponible dans Spectraquest de Cadence, en collaboration avec le groupe spécialisé dans ce domaine au CERN. Ce travail a servi

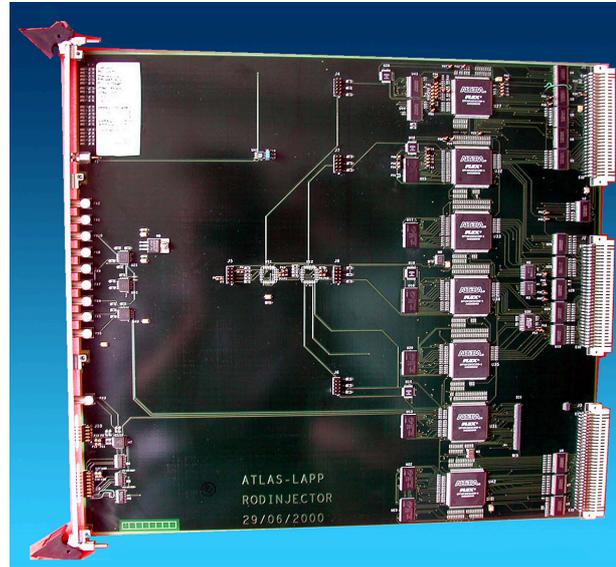


Figure 1 : Carte Injecteur (ATLAS)

d'étude de cas et a été présentée en poster au "7th Workshop on Electronics for LHC Experiments" à Stockholm.

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.

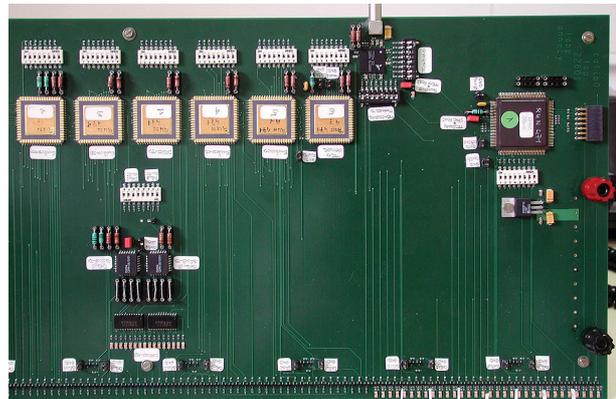


Figure 2 : Carte de test du circuit intégré Calibration (ATLAS)

- 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.

Le LAPP doit assurer, en collaboration avec le LAL, la production et les tests de 120 cartes et 1000 Asic.

- Carte ROD : Carte de réception et de traitement numérique des données.

Le LAPP a collaboré avec l'université de Genève au développement de la carte mère et a réalisé, avec succès, les cartes filles (DSP Analog Devices et composants programmables de dernière technologie). Ce travail a fait l'objet d'une présentation lors de la conférence «Electronics for LHC» en septembre 2000 en Pologne

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) des cartes filles. Ce prototype complet doit multiplier par 4 ou 8 la densité actuelle du système et devra être validé pour l'automne 2002.

- Carte Injecteur : le système de test des cartes ROD est assuré grâce à l'utilisation d'un injecteur de données (2,4Gbits/s), au standard VME développé au LAPP (Specetraquest).
- 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



Figure 3 : CQHT pour ATLAS

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 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, en parallèle, d'une carte Front-End, en composants discrets et d'un circuit intégré regroupant les fonctions analogiques de l'électronique Front-End (amplificateur de charge, mise en forme, échantillonneur bloqueur), puis évaluation comparative des performances (vitesse, encombrement, consommation, dynamique, prix).
- Conception et réalisation du multiplexage des voies analogiques et de la commande HOLD de l'électronique Front-End (langage de simulation Verilog)
- Réalisation de l'ensemble des bases (Haute Tension) et de la carte Front-End incluant le circuit intégré.

Le LAPP a également la responsabilité des cartes mères EDR (gestion de la distribution des signaux). Un prototype a été réalisé et testé avec succès.

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 depuis plus d'un an. Des modifications de l'électronique (passage de 12MHz à 6MHz) doivent être terminées fin 2002.
- 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 monitorer l'interféromètre en

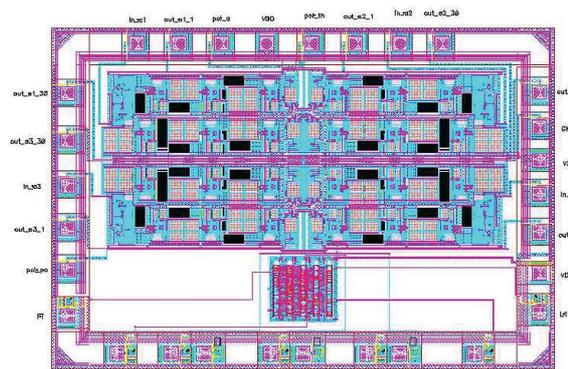


Figure 4 : Asic Front End AMS (lay out)

agissant sur les miroirs : la première version est prévue au printemps 2002.

La diversité et l'importance des responsabilités du LAPP ont eu un impact majeur sur le service électronique. VIRGO doit passer en phase de prise de données au milieu de 2003 et il est essentiel que la bonne maintenance de l'appareillage existant et les nouveaux développements en cours soient menés efficacement à leur terme.

CMS

Les différents circuits intégrés analogiques, numériques ou mixtes réalisés en technologie DMILL pour la calibration du calorimètre de CMS ont permis au service électronique d'obtenir la maîtrise de ces développements et sont utilisés pour la caractérisation des cristaux. En particulier le circuit intégré calibration d'ATLAS a bénéficié de ces compétences.

- Nouvelle version de la carte GIF, utilisée au CERN, intégrant un nouveau préamplificateur, l'injecteur et le TPLS, réalisés au LAPP en technologie DMILL 0.8 μm , et un DAC du commerce (série de huit cartes).
- Réalisation d'une carte VME à base de composants programmables (réalisation du décodage VME et de la lecture de la position de la table) pour le pilotage vertical et horizontal de la table supportant cinq cristaux.

BABAR

Le LAPP a la responsabilité de la conception et de la construction du système de gaz du détecteur central de traces pour l'expérience BaBar. Dans ce cadre une chambre à dérive assure le contrôle en ligne du gain des cellules de détection à l'aide d'une source de FE 55. L'électronique associée a été entièrement renouvelée avec la technologie standard de la collaboration BaBar.

LHCb

Dans le cadre de l'expérience LHCb, la contribution du LAPP en électronique est le développement et la production d'un ensemble de cartes numériques de traitement de données appelées CROP (Calorimeter Read Out Processor). Dans la chaîne de lecture, ces modules seront situés entre la partie Front End (LPC et LAL) et l'acquisition (CERN). La particularité des CROP est d'assurer différents traitements en fonction des détecteurs. Ainsi les principales tâches sont :

- Extraire l'information trigger.
- Rechercher les cellules voisines des cellules touchées, pour les calorimètres ECAL et HCAL.
- Calculer l'énergie d'une cellule touchée.

Le premier prototype doit être réalisé et testé pour la fin 2002 et la production comportera environ 14 cartes.