

# DÉVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES ET SOUTIEN AUX ACTIVITÉS DE RECHERCHE

Les activités de recherche du LPSC sont organisées en projets avec des partenaires extérieurs multiples (du niveau local au niveau international) et de multiples sources de financement (CNRS/IN2P3, ESA, ANR, Europe, Contrats industriels...). Ces projets sont très exigeants en termes de technologies de haut niveau, de délais de réalisation, de politique qualité. Ils nécessitent aussi des infrastructures performantes en termes de ressources informatiques, d'administration, de bâtiments, et de sécurité. Afin de répondre à ces exigences, les services techniques du LPSC, support indispensable aux activités de recherche et au fonctionnement du laboratoire, sont regroupés en pôles de compétences. Ils sont dorénavant au nombre de sept: Service Détecteurs et Instrumentation, Service Études et Réalisations Mécaniques, Service Électronique, Service Informatique, Services Généraux, Service Administratif, Service Sécurité et Radioprotection.

Concernant les ressources humaines, les effectifs en Ingénieurs, Techniciens

et Administratifs ont poursuivi leur diminution. Le recrutement de 5 CDD n'a pas permis de compenser la diminution des effectifs, qui se traduit par la perte de 3,5 Équivalents Temps Pleins sur 94,6. Ceci est une source d'inquiétude dans le contexte d'une activité scientifique forte dont les besoins en réalisations techniques, mais aussi en support général, ne vont pas en diminuant.

En 2006, dans le cadre d'une réorganisation, les agents du Service d'acquisition de données ont été répartis entre les services d'électronique et d'informatique. Cette restructuration n'a pas porté préjudice aux activités et a permis de rapprocher des corps de métier complémentaires.

L'organisation en mode projet des activités techniques s'est renforcée au niveau des outils et des méthodes. Le changement de Direction début 2007 a été l'occasion d'une profonde réflexion sur le rôle du coordinateur technique du laboratoire. Ce rôle a été redéfini et ses responsabilités ont

été renforcées, ce qui a mené, au niveau organisationnel, à ce que le LPSC ait un véritable responsable technique. Début 2008, Thierry Lamy a passé le relais à Bernard Boutherein dans ce rôle.

De plus, une Cellule de Revue Technique de Projets (CRTP) a été mise en place début 2007. Animée par son président (Patrick Stassi) et composée d'experts, son rôle principal est d'évaluer l'adéquation entre les moyens nécessaires à la réalisation des nouveaux projets et les ressources disponibles au laboratoire.

La CRTP permet aussi d'assurer le suivi des projets. Lors de leur clôture, l'analyse des événements qui ont eu lieu et de la validité des actions qui ont été entreprises assure un retour d'expérience profitable à tous les projets présents et futurs du LPSC.

Cette politique est un gage de réussite pour les réalisations techniques des programmes de Physique fondamentale et appliquée qui sont développés au laboratoire.

Au niveau technique, deux projets majeurs du laboratoire sont arrivés à leur terme avec succès : la participation à la construction du détecteur ATLAS au Large Hadron Collider du CERN et l'installation des électro- niques des « Sorption Cooler » et « Dilution Cooler » du Satellite Planck. Ceci permet aux projets GUINEVERE, SPIRAL 2, AUGER, CREAM et ALICE de monter en puissance, sans pour autant négliger l'ensemble des projets du LPSC qui s'adressent à de nombreux domaines de la physique et de ses applications.

L'année 2008 qui verra le démarrage du LHC et la détection des premières collisions par le détecteur ATLAS ainsi que la mise en orbite du satellite Planck sera une consécration des multiples compétences et de l'efficacité des Services Techniques du LPSC.

Pour chaque service, les contributions majeures sur projets sont développées dans les paragraphes suivants.



## Service Détecteurs et Instrumentation

Patrick Stassi, Christian Barnoux, Christophe Bernard, René Blanc, Thierry Cabanel, Olivier Guillaudin, Muriel Heusch, Marc Marton, Gabriel Mondin, Jean-François Muraz, Alain Nicolle, Alain Pelissier, Myriam Tur, Olivier Zimmermann

*The Detectors and Instrumentation Service (SDI) is a team of engineers and technicians with various and different skills and experiences. The service has two objectives: - to develop and set up instrumentation and detection systems for the laboratory projects, - to study and test new detection techniques. The SDI has participated in all the projects listed below, sometimes in collaboration with other technical services of the laboratory.*

### ALICE

Alice est la seule expérience exclusivement dédiée à l'étude des collisions d'ions lourds au LHC (CERN). La mise en évidence expérimentale du Plasma de Quarks et de Gluons (PQG) et son étude s'obtiendront grâce à la mesure des différentes particules émises dans différents ensembles et sous-ensembles de détecteurs spécifiques. Le SDI est impliqué dans deux de ces détecteurs.

### GMS (Geometry Monitoring System) du spectromètre à muons

Un de ces détecteurs est le spectromètre à muon. Ce spectromètre, disposé à l'arrière du détecteur ALICE, doit permettre de reconstruire la trajectoire, courbée par le champ magnétique d'un aimant dipolaire, des muons issus des décroissances de résonances de quarks lourds. La précision requise pour cette reconstruction (résolution de masse invariante meilleure que 1 %) impose de connaître la position et la déformation des dix plans de chambres qui composent le spectromètre, à mieux que 40  $\mu\text{m}$ . Le GMS a été développé pour atteindre ces performances. Pour permettre de valider les systèmes optiques choisis ainsi que les programmes de reconstruction géométrique développés, le LPSC a réalisé un banc de test représentant trois demi-chambres à l'échelle 1.

Notre service a pris en charge :

- La coordination technique de la réalisation du banc de test.
- L'étude et la réalisation du dispositif chauffant et soufflant permettant de recréer les conditions thermiques réelles subies par les chambres lors de leur fonctionnement.

- L'étude, le choix et la programmation (LabVIEW) des 3 tables motorisées permettant de générer des déplacements micrométriques connus sur la chambre centrale.

Les campagnes de mesures se sont déroulées durant l'année 2006. Ces mesures ont montré que le GMS permettait de déterminer la position des chambres avec une précision de 23  $\mu\text{m}$  dans les conditions réelles et futures de l'expérience. Fin 2007, cette installation a été entièrement démontée.

### Le calorimètre électromagnétique

L'autre détecteur d'Alice dans lequel notre service est impliqué est le calorimètre électromagnétique. Ce calorimètre, couvrant 110° azimutaux (figure 1) autour de la TPC et du TRD, augmentera considérablement les capacités d'ALICE dans les études relatives aux photons, aux jets de haute impulsion transverse, et au phénomène de « Jet-quenching ». Il reprend la technologie de type « Shashlik », alternant des couches de plomb et de scintillateurs dont la lumière produite est récoltée et conduite longitudinalement par l'intermédiaire de réseaux de fibres optiques jusqu'aux APD. La collaboration a attribué au LPSC la responsabilité du montage, du test et de la calibration de 7 des 11 SuperModules (SM) qui composent le calorimètre.

Le service a pris en charge :

- La coordination technique du projet au LPSC.
- La définition et le suivi de la mise en place des infrastructures.
- La conception et le suivi de réalisation des outillages de montage des SuperModules (figures 2 et 3).
- La conception, la réalisation et l'exploitation du banc cosmique de calibration des SM.
- La mise en place, au CERN, des chambres à fils per-

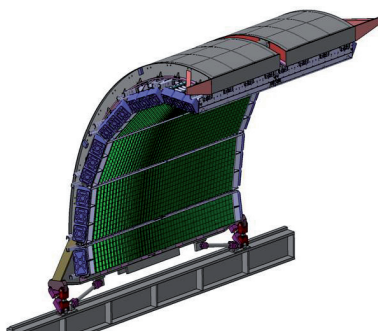


Figure 1 : Calorimètre électromagnétique.

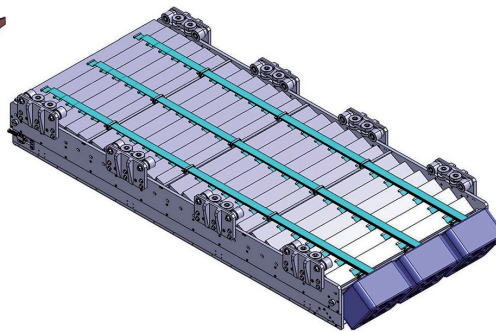


Figure 2 : SuperModule.

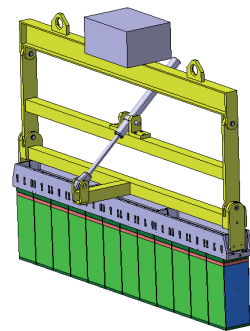


Figure 3 : Outillage d'insertion.

mettant le monitoring des faisceaux PS et SPS utilisés pour la validation des prototypes.

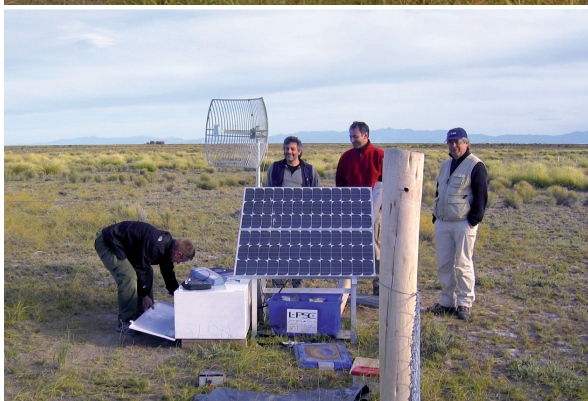
Début 2008, les infrastructures seront terminées et la plupart des outillages seront réalisés. Notre service participera alors activement à l'assemblage et à la calibration des 7 SM dont la réalisation s'échelonnnera jusqu'au début de l'année 2010.

## Auger

### Auger Sud

Dans le cadre de l'expérience Auger Sud, située à Malargüe, en Argentine, le SDI participe depuis 2006 aux trois activités suivantes :

- Dans le cadre du programme de R&D sur la radio-détection des rayons cosmiques, trois dispositifs de radio-détection autonomes ont été développés et installés sur le site en Argentine, en collaboration avec Subatech, Nantes. Le SDI a apporté une contribution importante à cette activité en développant la partie alimentation de puissance par panneaux solaires et batteries, ainsi que le support mécanique de l'ensemble. Nous avons également pris en charge la partie transport et logistique de l'ensemble du dispositif et participé activement à sa mise en œuvre sur le site dans une première mission en 2006 puis à sa mise à niveau dans une deuxième mission en 2007.



- La deuxième activité consiste à la mise au point d'un banc de test de photomultiplicateurs au LPSC, destiné à mettre en évidence les causes des pannes observées sur certains ensembles de détection (photomultiplicateurs et électronique associée), installés sur le site de l'expérience, afin de trouver d'éventuelles solutions de dépannage.



- La dernière activité prise en charge par le SDI sur le site sud, correspond au transfert de la procédure d'intégration des bases des photomultiplicateurs (PM). Ces bases ont été intégrées sur les PM à 90 % par la société Photonis à Brive-la-Gaillarde. Le travail du SDI en collaboration avec une personne du service électronique a été d'exporter ce savoir-faire ainsi que l'outillage associé vers une équipe de techniciens en Argentine, sous la forme d'une procédure sécurisée et appropriée pour ce travail. Un film DVD a été produit pour cette activité.



### Auger Nord

Dans le contexte des activités de R&D pour un observatoire Auger site Nord, le SDI a en charge deux activités :

- Une activité de caractérisation et d'étalonnage de cartes GPS destinées au marquage en temps. Il s'agit



ici de répondre aux questions suivantes :

- Quel est le meilleur choix de carte GPS parmi celles qui sont disponibles actuellement sur le marché ?
- Quelles sont les caractéristiques des cartes retenues et conviennent-elles aux spécifications ?
- De quelle façon ces produits doivent être utilisés pour effectuer une datation ?
- Peut-on, et de quelle façon, réutiliser la technique de datation de la phase Sud ?
- Quelles en sont les limites d'utilisation ?

Dans ce but, un banc de test est en train d'être mis en place, afin de travailler sur différentes cartes du marché.

• La deuxième activité consiste à étudier un nouveau dispositif de photo-détection pour les cuves du site Nord. En effet, les détecteurs de surface d'Auger seront amenés à fonctionner en continu. Les cuves étant disposées en plein air, les PM et l'électronique associée seront donc soumis à d'importantes variations climatiques (0 à 50° C, humidité).

En plus d'une isolation renforcée, il a été préconisé d'utiliser une enceinte étanche qui contiendrait la base du PM et l'électronique associée. Ceci permettrait à l'ensemble de se présenter sous la forme d'un module sensor compact facilitant les travaux de réparation et de contrôle.

Deux systèmes sont à l'étude, basés sur un corps conique en plastique moulé de forme proche de celle utilisée actuellement sur le site Sud pour isoler le PM de la lumière. Le premier comporte une fenêtre d'entrée en plexiglas épousant la surface de la photocathode. Le deuxième laisse libre cette surface, mais comporte un double joint torique au niveau du col du PM. Dans les deux solutions proposées, les systèmes seront fermés d'un fond métallique sur lequel sera fixé l'électronique.



## CODALEMA

L'installation de l'expérience CODALEMA, sur le site du radiotélescope de Nançay, s'est poursuivie en 2006 et 2007. Le service a déployé quatre nouvelles stations de détection à scintillateurs en mars 2006, venant ainsi compléter les 5 stations déjà installées en 2005.

La prise de données avec ce réseau de neuf détecteurs s'est poursuivie jusqu'à la fin 2006. En janvier 2007, dans des conditions climatiques difficiles (photo 1), le service a de nouveau installé quatre nouvelles stations de détection, complétant ainsi le réseau des treize détecteurs à scintillateurs prévus à l'origine du projet (photo 2).



Photo 1



Photo 2

Le réseau de détecteurs étant complet, l'optimisation du système d'acquisition a été entreprise dès le début de l'année 2007. Un nouveau module de déclenchement sur niveau de multiplicité (« Trigger ») a été développé par les services électronique et informatique du LPSC (photo 3). Ce module télécommandable permet de définir et de générer un signal de déclenchement, à partir des treize détecteurs, vers l'ensemble de l'expérience. En parallèle, une nouvelle version du programme d'acquisition a été mise en place par le SDI (photo 4). Ce nouveau programme, développé sous LabVIEW, contient un « moteur » d'acquisition optimisé en vitesse et permet d'inclure, si besoin, l'acquisition des données provenant des antennes. L'ensemble a également été renforcé par de nouvelles alimentations plus puissantes (photo 5).



Photo 3

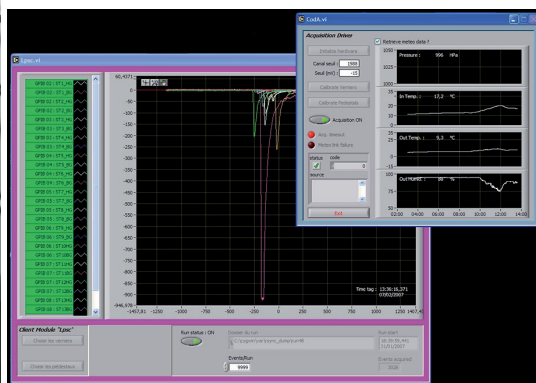


Photo 4

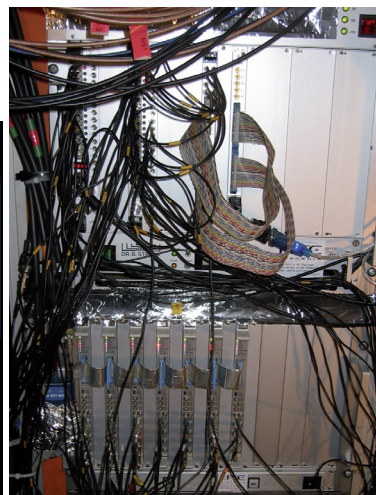


Photo 5

C'est avec ce nouveau dispositif que près de 10 000 événements ont pu être enregistrés en continu entre août et novembre 2007, sans révéler de défaillances.

### CREAM

Pour cette expérience, le service a participé à l'intégration des modules optiques du détecteur ainsi qu'aux activités de tests et vérifications de la matrice composée de 1600 photomultiplicateurs (PM).

Cette intégration a consisté au montage du plan focal qui est composé de 25 modules contenant chacun 4 sous-modules. Chaque sous-module est équipé de 16 photomultiplicateurs. Les PM ont été au préalable appairés en fonction de leurs dimensions et de leur gain et leur mise en place (appareillage) a été faite selon ces informations.

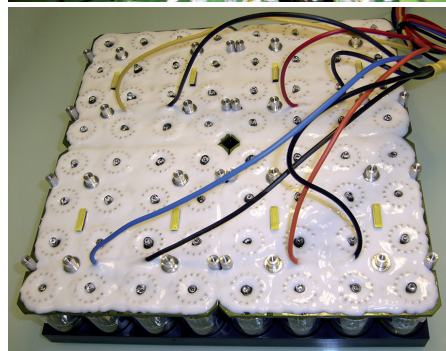
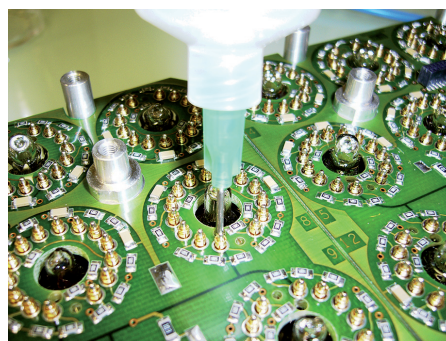
Un joint d'étanchéité entre le circuit imprimé et la base du PM a été mis en place, de façon à pouvoir effectuer un « potting », c'est-à-dire une isolation des électrodes du PM portées à la haute tension. Ceci permet de supprimer les claquages à basse pression dus au « minimum de Paschen » (plus la pression de l'air diminue et plus la décharge électrique survient à des tensions faibles. La courbe de Paschen, qui représente la tension de claquage en fonction de la distance inter électrodes et de la pression, atteint une valeur minimale appelé le « minimum de Paschen »). Le « potting » a été effectué en injectant une résine de type Mapsil 213 B, 13 grammes de produit ont été utilisés par sous module et 18 minutes en moyenne sont nécessaires pour chaque injection, la polymérisation se faisant à température ambiante.

Une opération de « coating » a ensuite été effectuée pour les mêmes raisons que précédemment (Paschen). Celle-ci consiste à imprégner chaque sous-module, au niveau du circuit imprimé et sur chaque composant, avec une résine (Nusil CV1152), appliquée au pinceau, qui assure une protection de surface. Cette activité a nécessité la mise en étuve des sous-modules durant 6 heures à 40° C.

Enfin, une troisième opération a également été réalisée pour éviter les claquages. Celle-ci correspond à l'ajout d'une couche de micro ballons (micro billes de verre) mélangés à la résine (Mapsil 213 B), et appliquée à la seringue sur le verso du sous module.

Des tests de chaque sous-module en haute tension et sous vide ont ensuite été menés pour vérifier qu'il n'y avait pas de claquages au passage du « minimum de Paschen ».

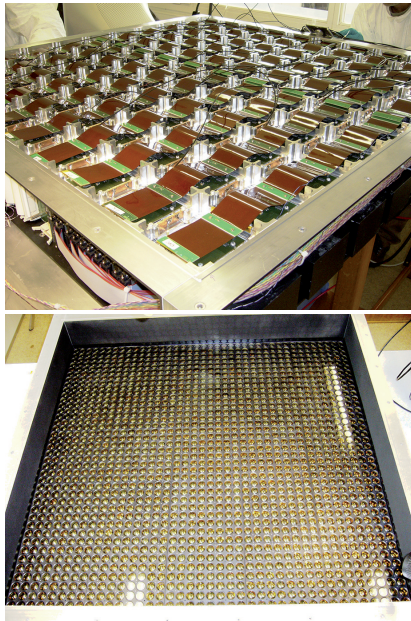
L'intégration se poursuit ensuite par le montage des sous-modules sur la grille support, la vérification du plan focal, le serrage mécanique et la mise en place de fibres optiques de test. Le montage des cartes électroniques d'acquisition « front-end » s'effectue ensuite avec la mise en place des ponts thermiques sur la grille support pour évacuer la chaleur via les colonnettes de montage des modules.





Pour finir, après avoir équipé le plan focal de sondes de température, des circuits de connexion de type « Flex » et des alimentations, le plan de tuiles d'aérogel est installé. Il est constitué de deux feuilles de mylar tendues et collées sur un cadre aluminium renfermant les tuiles d'aérogel. Deux protections mécaniques de type nid d'abeille sont ensuite installées au recto et au verso du dispositif.

Toutes ces opérations ont nécessité pas loin de 12 mois de travail, de janvier 2006 à janvier 2007.



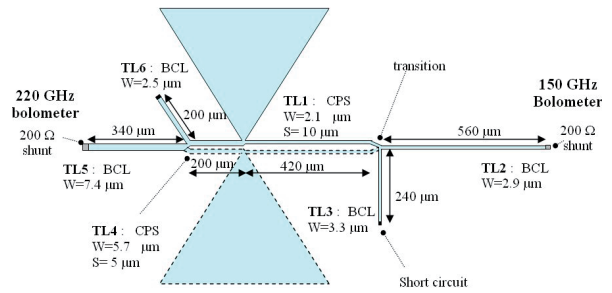
### R&D DCMB

Le service est toujours impliqué dans la collaboration DCMB (Développement Concerté de Matrices de Bolomètres) qui propose de passer du détecteur unique à des matrices de plusieurs centaines ou plusieurs milliers de bolomètres sensibles à la polarisation.

Le SDI s'est engagé sur l'étude du couplage du rayonnement avec le détecteur bolométrique. La voie explorée consiste à remplacer l'absorbeur et les filtres conventionnels par une antenne accordée en fréquence et sensible à la polarisation.

Ce développement s'appuie sur un logiciel commercial (HFSS) qui nous permet de modéliser la réponse de l'antenne pour une bande de fréquence allant de 50 à 500 GHz. Ce logiciel permet également de calculer les caractéristiques des filtres passe-bande utilisés sur les instruments scientifiques.

La collaboration s'oriente actuellement vers le design de pixels double bande (150 et 220 GHz). Chaque antenne de la future matrice sera alors reliée à deux bolomètres distincts par des lignes de transmission micro rubans adaptées à la fréquence souhaitée. Cette étude est menée en collaboration avec l'Institut Louis Néel, l'IMEP et l'Institut de Physique de Cantabria (Espagne).



Vue d'une antenne papillon avec deux lignes de transmission micro rubans assurant le filtrage fréquentiel.

### ECRINS

Dans le cadre de l'activité pédagogique vers les lycées (ECRINS), le SDI a développé deux ensembles compacts de détection de rayons cosmiques baptisés « Mini ECRINS ». Ces systèmes sont constitués chacun de deux scintillateurs plastiques, associés à deux photomultiplicateurs alimentés par un dispositif sur batteries. L'acquisition des signaux est assurée par un mini oscilloscope USB (PicoScope®) piloté par un programme LabVIEW dédié. Si on utilise un ordinateur portable, ces ensembles deviennent complètement autonomes et transportables dans une valise appropriée.



Ces dispositifs sont des réalisations du SDI, non seulement de par leur conception et leur fabrication, mais aussi de par leur utilisation dans le cadre d'activités pédagogiques en 2007 comme l'exposition sur la physique au lycée S' Ambroise à Chambéry et la participation aux Olympiades de la physique 2007 avec le lycée Pierre et Marie Curie de Grenoble.

## LOHENGRIN

Sur l'expérience LOHENGRIN installée à l'ILL, le SDI est intervenu pour la construction d'un double petit détecteur à neutrons, avec lecture de courant sur les fils d'anodes XY composé de 4 plans cathode et de 8 plans anode de dimensions extérieures 75 mm × 38 mm, la fenêtre utile de détection étant de 20 mm × 20 mm. Cette activité, qui s'est déroulée courant 2007, correspond à :

- La construction de 4 plans cathodes collés, soit 4 fois 2 cadres FR4/Cu, 2 faces de 16/10 d'épaisseur. Ces deux cadres sont en coïncidence avec, au milieu, une fenêtre de mylar/Al, 2 faces de 23 µm, avec les plots d'alimentation HT (photo 1).
- Le tissage de 2 plans de fils (cadres aluminium 250 × 140 × 10 mm). Les fils sont du type W/Au/Re de 30 µm, avec une tension de 30 g, au pas de 1 mm, soit 115 fils par cadre, pour transfert sur les cadres anodes.
- Le transfert, les soudures et les coupes des fils sur les pads des cadres anodes XY. Il y a 4 groupes XY, c'est à dire 8 cadres de FR4/Cu, deux faces de 16/10 d'épaisseur. Par anode, il y a donc 20 fils au pas de 1 mm par fenêtre utile de 20 mm × 20 mm (photo 2).

Chaque anode a son système électronique de lecture directement câblé sur le cadre (circuit imprimé).

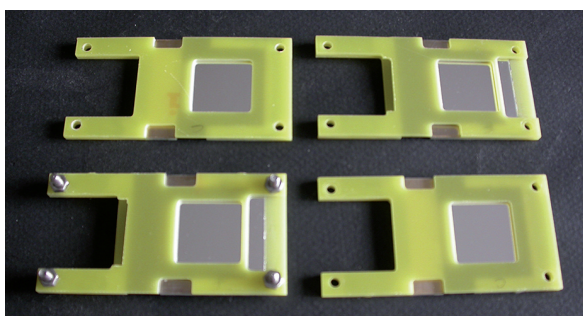


Photo 1 : Cathodes Mylar/Al.

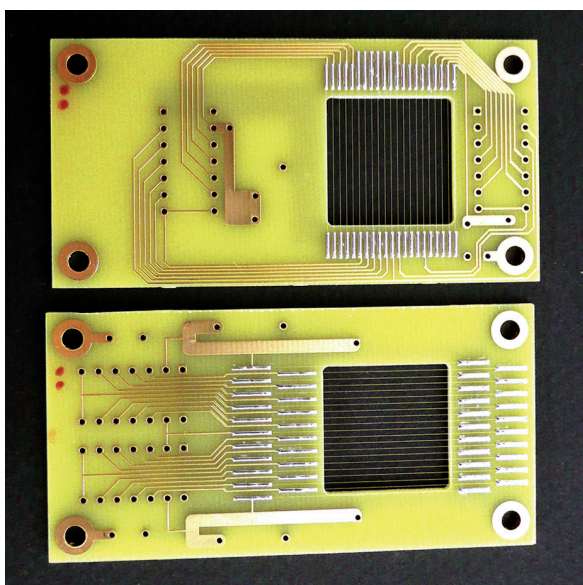


Photo 2 : Anodes XY.

## MIMAC

Le concept du détecteur MIMAC repose sur une matrice de micro-TPC (micro Chambre à Projection Temporelle) utilisant les gaz hélium 3 et CF4 comme milieu sensible. Le projet est actuellement dans une phase de R&D avec pour objectif la construction et le test d'une micro-TPC à anode pixellisée, permettant la reconstruction des traces et la mesure d'énergie.

En 2006, le SDI a réalisé de nombreux tests avec des détecteurs de type « Micromegas » fournis par le CEA-Saclay (Micromegas, MicroBulk et Bulk, photos 1 et 2). Ces détecteurs remplaceront, à terme, les GEMs dans le prototype MIMAC.

Ces tests ont permis de caractériser le fonctionnement de ces détecteurs pour des mélanges gazeux à base d'Hélium et d'Isobutane.

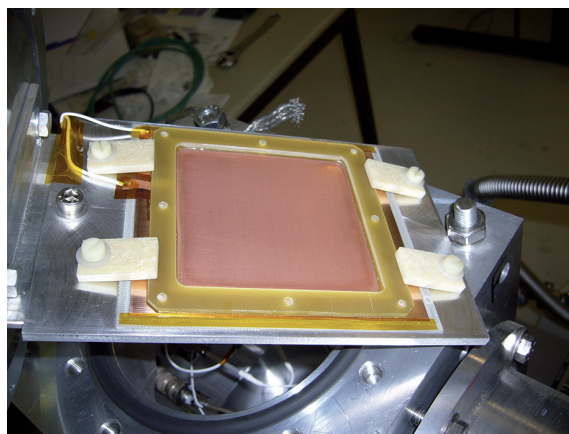


Photo 1 : Exemple de Grille Micromegas (CEA-Saclay).

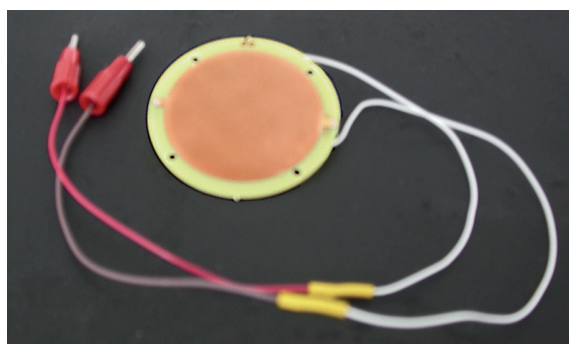
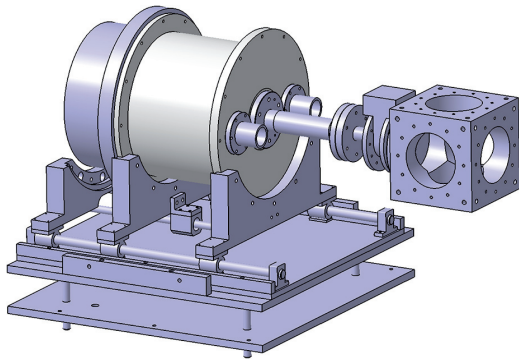


Photo 2 : Exemple d'un détecteur MicroBulk (CEA-Saclay).

Une calibration en énergie est réalisée pour la plage d'énergie de 0 à 6 keV avec des rayons X de différentes énergies.

Le prototype de TPC, dont la mécanique a été conçue par R. Guglielmini, est actuellement en cours d'intégration. Cette chambre sera couplée avec une source d'ions de très faible intensité construite par le service des sources d'ions du LPSC. Ce dispositif est destiné à mesurer la trace et l'énergie libérée par un noyau de recul de quelque keV dans l'Hélium gazeux.





Vue d'ensemble de la chambre MIMAC couplée avec le dernier cube de la source d'ions.

En 2006 et 2007, le service est intervenu à plusieurs niveaux dans la phase d'étalonnage de la source d'ions :

- Montage et étalonnage d'une mesure de temps de vol utilisant des Channeltron (photo 4) pour mesurer l'énergie des ions de la source.
- Fourniture d'un nouveau système d'acquisition sur PC.
- Développement d'une interface LabVIEW pour le pilotage des hautes tensions de la chambre.
- Montage et métallisation (Aluminium) de nouvelles membranes en Nitrure de Silicium (épaisseur 50 nm) servant d'interfaces entre la source d'ions (sous vide) et la TPC (hélium à la pression atmosphérique) (photo 4).

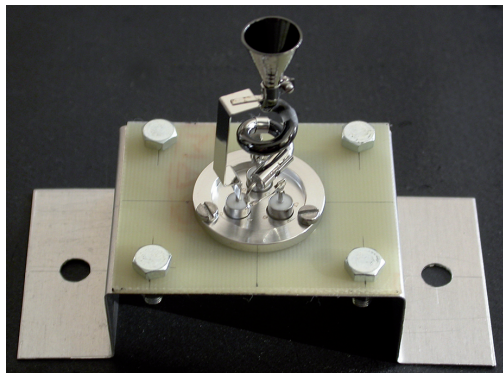


Photo 4: Vue d'un Channeltron sur son support.

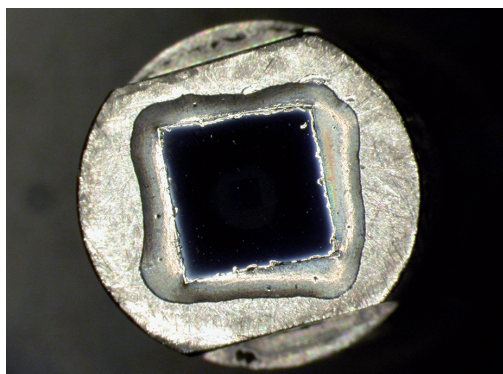


Photo 5: Vue d'une membrane de Nitrure de Silicium (50 nm d'épaisseur) métallisée sur son support.

## nEDM

La phase d'amélioration du spectromètre nEDM OILL a débuté en 2006 par un gros travail de « reverse engineering » sur la mécanique du spectromètre. Les plans mécaniques sont utilisés par l'ensemble des collaborateurs de nEDM, leur permettant d'affiner leur simulation en vue de la conception d'un nouvel appareillage (nEDM II, Phase A et B).

Le SDI est en charge de coordonner les activités de maintenance et d'améliorations relatives à l'installation OILL.

Le système mécanique de cartographie du champ B a été réalisé et est en attente des sondes magnétiques.

Une bonne partie des sous-systèmes OILL sont en cours d'amélioration : la haute tension et le système de chauffage du mercure sont en développement chez des sous-traitants. Le dispositif de contrôle et de commande subit une refonte importante avec un remplacement complet de l'électronique existante par un module unique développé par le service électronique du LPSC. Le SDI a pris en charge l'adaptation de l'ancienne application développée sous LabVIEW, dans l'attente d'une nouvelle application en cours de réalisation par le service informatique.

Les perspectives pour 2008 de la phase 1-OILL sont le déménagement du blindage et des sous-systèmes (HT, électronique, PC acquisition et contrôle-commandes) du spectromètre OILL à l'Institut Paul Scherrer (Suisse). Les aspects techniques et logistiques de cette activité seront coordonnés et assurés par le SDI.

## PEREN

### Évolution du volet Chimie du projet PEREN

Durant l'année 2006 une série de tests ont permis de mettre au point le protocole de fabrication de cylindres massifs de LiF à partir de poudres. La fabrication consiste en une fusion suivie d'un refroidissement lent (une semaine) sous gradient thermique pour obtenir une structure de solidification correcte.



Demi cylindre de LiF.

Les blocs de  $^7\text{LiF}$  destinés aux mesures de neutroniques du projet PEREN ont été réalisés durant le premier semestre 2007. Ils sont formés de deux massifs : un cylindre plein et un cylindre creux pour permettre l'introduction du détecteur. Le cylindre creux étant composé de deux demi cylindres pour des raisons de contraintes thermiques.

### Planck - SCE

Le service continue à assurer la coordination technique des activités qui concernent l'électronique du Sorption Cooler (SCE). Les années 2006 et 2007 représentent une étape décisive sur ces activités.

En effet, durant le début du premier semestre 2006, EADS-CRISA (Madrid) a livré les trois modèles de vol du boîtier électronique SCE, deux modèles qui seront intégrés sur le satellite (FM1 et FM2) et un modèle de rechange (PFM). Le SDI a eu la responsabilité de la mise en place et de l'exécution des tests fonctionnels sur ces boîtiers, selon le plan de qualité spatial en vigueur, aux normes ESA.

Ces tests se sont déroulés au LPSC en salle blanche, jusqu'en juin 2006 (photo 1), date à laquelle les électroniques FM1 et FM2 (photo 2) ont été livrées au fabricant du satellite (Thales Alenia Space à Cannes) pour intégration. Le modèle de rechange reste au LPSC pour le moment.

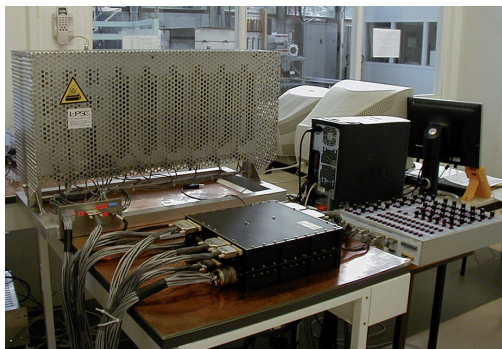


Photo 1



Photo 2

En parallèle à ces tests fonctionnels, une campagne de tests de validation cryogénique s'est déroulée au printemps 2006, mettant en œuvre les deux Sorption Coolers de vol, intégrés sur le modèle de qualification du satellite Planck, associés au boîtier SCE de qualification (CQM) testé et livré fin 2005. Ces tests se sont déroulés sur plusieurs semaines, au Centre Spatial de Liège en Belgique, et ont permis de valider une partie des aspects cryogéniques du Sorption Cooler et de son boîtier électronique de commande (photo 3).

À la fin de l'année 2006, le boîtier SCE de qualification est requalifié en boîtier avionique (AVM) pour faire partie des tests avioniques sur un modèle du satellite (photo 4). Ces tests, qui se focalisent essentiellement sur les aspects d'interface électrique du module de service du satellite se sont déroulés sur plusieurs jours, sur le site de Thales Alenia Space à Turin en Italie.

Enfin, au début de l'année 2007, de nouveaux tests avioniques ont eu lieu, mais cette fois-ci en pilotant le boîtier électronique à partir du « Mission Operating Center » de l'ESA (MOC), situé à Darmstadt en Allemagne.

Le SDI a organisé et a largement participé à l'ensemble de ces tests, tant au LPSC que sur sites.

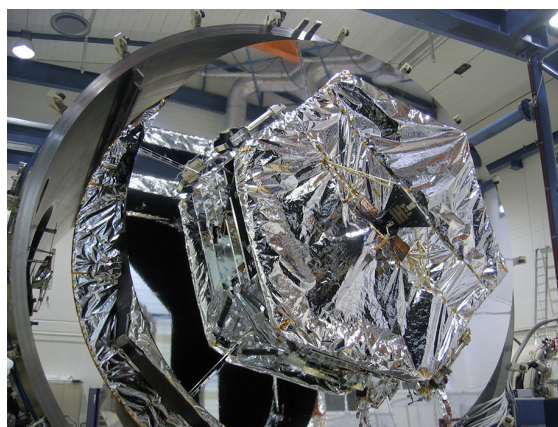


Photo 3

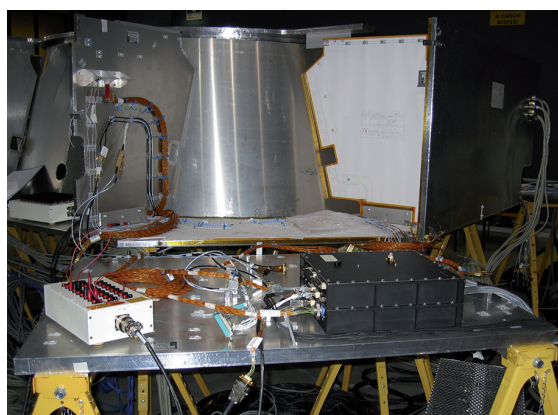


Photo 4



Parallèlement à ces activités de test « hardware », le service a poursuivi les activités de tests unitaires sur le logiciel embarqué. En 2006, le code source du logiciel de vol du SCE s'est stabilisé, laissant place à de nombreux tests et à un certain nombre d'itérations d'ajustement, de correction ou de vérification. Le processus de tests unitaires s'est donc poursuivi d'une façon moins systématique.

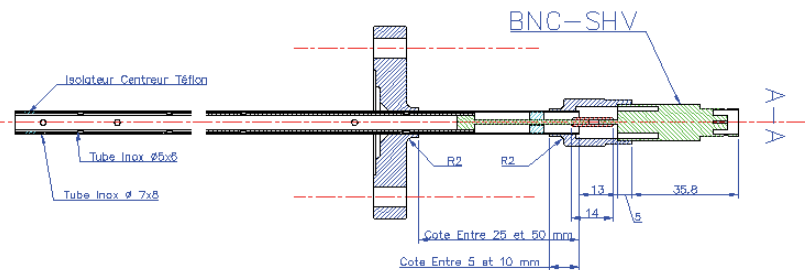
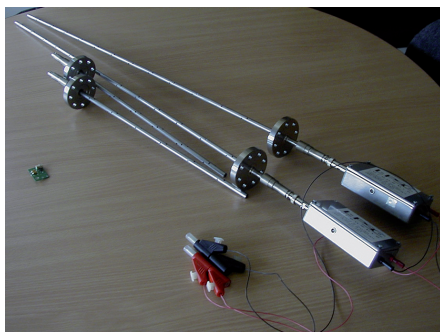
Une première session de tests a eu lieu durant l'été et l'automne 2006 avec le concours de deux personnes en CDD que le SDI a formées et intégrées au processus de tests existants. Quatre modules évalués comme plus sensibles ont ainsi subi de nouveaux tests approfondis. Ce travail, achevé par l'équipe permanente, a permis un rapport préliminaire en mai 2007. De nouveaux ajustements se sont traduits par une dernière session de tests au printemps. La dernière livraison complète du logiciel et de ses documentations à l'ESA a ainsi eu lieu en juin 2007.

L'équipe intègre mieux à présent le processus de tests unitaires dans son cycle de développement du logiciel. Les tests unitaires du logiciel, au laboratoire, apparaissent non seulement comme un moyen d'identifier des défauts directs, mais aussi comme un levier pour améliorer la documentation du code, et par là, sa robustesse (facilité et rapidité d'identification des opérations programmées, intentionnellement ou non).

À ce stade, il apparaît clairement que l'effort de test unitaire pouvant être mené par le laboratoire, tant en volume qu'en technicité, n'est plus déterminant pour améliorer efficacement la qualité du programme. Mais si les campagnes de tests systématiques ne se justifient plus, le test des modifications (non régression) ou l'étude de points particuliers du code demeure et demeurera incontournable jusqu'à la fin de la vie du projet.

### UCN

Dans le cadre d'une collaboration entre le groupe UCN du LPSC et l'Institut Paul Scherrer (Suisse), le SDI a valorisé son expérience passée dans le domaine de la cryogénie pour prendre en main le problème épineux de la conception et de la réalisation d'une sonde cryogénique de niveau de deutérium liquide, devant résister mécaniquement à la solidification du produit. La solution proposée est une sonde capacitive constituée de deux tubes concentriques ajustés de façon extrêmement précise. Cette solution très fiable n'existe pas sur le marché. Ces sondes seront reliées électriquement à un petit oscillateur électronique, dont le signal de sortie présente une fréquence proportionnelle au niveau du liquide. Des essais dans la glace ont montré que la solidification du liquide dans lequel est trempée la sonde ne la détériore pas et ne modifie pas ses caractéristiques. Quatre sondes ont ainsi été réalisées en 2007.



## Service Études et réalisations mécaniques

*Denis Grondin, André Beteille, Dominique Bondoux, Yves Carcagno, Jean-Marie Carretta, Louis Coppola, Gérard Damieux, François Dekeirel, Dominique Fombaron, Alain Fontenille, Christian Fourel, Michel Jullien, Jean-Claude Malacour, Denis Marchand, Guy Michel, Eric Perbet, Patrick Petit, Nicolas Rico, Sébastien Roudier, Francis Vezzu*

*This service is in charge of design, manufacturing and assembly of mechanical and cryogenic systems. Its experienced people make use of modern design and simulation software and of numerous machining tools.*

### Évolution des outils de conception et de fabrication

#### CAO

Le logiciel CATIA reste l'outil de dessin de référence du Service Études et Réalisations Mécaniques (SERM) avec des mises à jour régulières des versions utilisées. La gestion de documentation technique est assurée via le logiciel SMARTEAM pour lequel le SERM a servi de site pilote pour l'installation du logiciel à l'IN2P3.

Pour les calculs prédictifs l'utilisation du logiciel par Éléments Finis SAMCEF FIELD sert régulièrement pour des dimensionnements en tenue mécanique et thermique.

#### Atelier

Le LPSC a soutenu le développement et le renouvellement régulier du parc machines-outils (traditionnel et à commande numérique (CN) et chaudronnerie), il a ainsi été renforcé fin 2005 par l'acquisition d'un centre d'usinage numérique et début 2007 d'une CN électroérosion à fil pour des usinages complexes sur tout matériau conducteur pour des pièces mécaniques souvent impossibles à réaliser avec des machines traditionnelles.

La charge programmée des réalisations de l'atelier du LPSC concerne principalement des ensembles mécaniques complexes et précis (détecteur CREAM, Sources d'ions: Phoenix 28 GHz et chambre d'A-Phoenix, lentilles pour GUINEVERE-GENEPI 3C, réacteurs plasma, électrodes n-EDM, cryostat test UCN...).

#### CFAO

Afin d'exploiter au mieux les possibilités d'usinage de la fraiseuse numérique de l'atelier, les équipes du bureau d'étude et de l'atelier ont testé dès 2003 une liaison CFAO entre cette machine et le logiciel CATIA. Les fichiers ainsi générés permettent de simplifier grandement la création des gammes d'usinage dans le cas de pièces mécaniques très complexes (chambre de la source d'ions A-Phoenix...). Après la période 2006-2007 de test et pérennisation de cette liaison, le service va en poursuivre progressivement l'installation pour l'ensemble du parc CN de l'atelier sur 2008-2009.

Cette liaison CFAO, déjà validée au LPSC, a été testée

en 2004 par d'autres laboratoires de l'IN2P3, et l'utilisation d'un post-processeur a été adaptée et a servi de base pour la mise au point. Une solution globale à tous les laboratoires a débuté en 2005 par l'achat de licences par l'IN2P3 et doit se poursuivre par la mise en place sur d'autres sites.

### Principales réalisations

Plus de 20 lignes projets/sous-projets étaient ouvertes sur 2006-2007 pour des engagements dans des projets locaux ou internationaux: en conception BE, en montage ou en travaux d'atelier.

#### ALICE

Avec l'entrée en fonctionnement en 2008 au CERN du grand collisionneur de hadrons LHC, parmi les quatre expériences en cours d'installation sur cet accélérateur que sont ALICE, ATLAS, CMS et LHCb, ALICE (A Large Ion Collider Experiment) est la seule exclusivement dédiée à l'étude des collisions d'ions lourds ultra-relativistes.

La collaboration européenne (INFN, IHEP, IPHC, Subatech, et le LPSC retenu comme centre européen d'intégration des Super Modules (SM)), contribuera à la construction de 7 SM parmi les 11 constituant le calorimètre électromagnétique (EMCal) à installer dans la partie centrale d'ALICE au CERN. L'installation d'un premier SM au CERN est prévue en 2009 pour tester la prise de données dans des conditions réelles de fonctionnement.

Le SERM a pris en charge:

- La conception d'outillages de manutention et d'intégration des 24 Strip-Modules composant chaque SM. Le premier prototype d'outillages a été réalisé en mai 2007 et transmis au Service Détecteurs Instrumentation du laboratoire pour essais.
- La conception de l'outillage de manutention, de transport et de montage des berceaux qui seront utilisés pour le montage des 7 SM au LPSC entre 2008 et 2010, pour le montage des autres secteurs au Wayne Institute ainsi que pour le transport de tous les SM sur site au CERN.

Le service a aussi assuré la réalisation d'un châssis et l'installation au CERN de 3 chambres à fils pour les tests sous faisceau au second semestre 2007.

Objectif sur la période 2008-2010: réalisation des outillages et assistance au montage des berceaux et des SM.

### Projet ATLAS – cryogénie de proximité

L'expérience ATLAS est implantée sur le LHC du CERN. Pour cette expérience le SERM est en charge de la cryogénie de proximité qui a pour fonction principale de maintenir sous-refroidi un volume total de 83 m<sup>3</sup> d'argon liquide à une température de 87 K pendant plus de 10 ans avec un gradient maximum de 0,6°. Cette fonction est réalisée grâce à des **échangeurs internes** à l'azote liquide placés autour des détecteurs. Deux membres du service ont été affectés à plein temps sur le site pour la durée de cette mission. Le rapport précédent décrivait le détail des prestations que le service devait fournir, les premières réalisations et installations, tant dans le hall 180 du CERN que dans la caverne UX15 ATLAS. Ce projet a continué à représenter un travail important durant la période 2006-2007.

Pour la rédaction des spécifications techniques des lignes cryogéniques rigides et flexibles, de nombreuses réunions de travail avec la Coordination Technique (TC) d'ATLAS ont été nécessaires afin de prendre en compte les nombreuses interfaces avec d'autres parties du projet et les contraintes d'environnement (compacité, mouvements relatifs dans ATLAS pendant sa construction et son fonctionnement, sollicitations sismiques...).

Du début du projet à la fin de l'installation en 2007, la définition du « Work Package » « cryogénie de proximité » attribué au SERM a été la suivante :

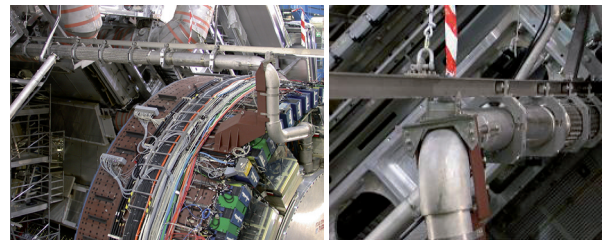
- Design, fabrication et livraison au CERN de tous les équipements intégrant ce sous-système pour les 3 calorimètres argon liquide d'ATLAS (83 m<sup>3</sup> d'argon liquide à 87 K) : boîtes à vannes / vases d'expansion / lignes cryogéniques rigides et flexible / systèmes de guidage / structures.
- Système de vide des 3 calorimètres ainsi que des équipements de la cryogénie de proximité : pompes, jauges, vannes, lignes, pneumatiques, câbles.
- Tests des calorimètres en surface (B180) : installation et tests de réception en surface des équipements livrés au CERN (mise en service début 2004), des systèmes vide et cryogénique des cryostats, avant intégration finale en caverne.
- Intégration dans la caverne UX15 d'ATLAS.
- Installation des équipements sur les plate-formes de services HS/USA,
- Lignes cryogéniques flexibles 350 m (End-Caps) intégrées dans leur système de guidage respectif, (première mondiale avec les DN150 de 35 m de long), et lignes cryogéniques rigides 200 m (Barrel & End-Caps),
- Systèmes de guidage lignes de sécurité argon (prototype testé au LPSC) et lignes flexibles azote,
- Système de vide des Barrel et End-Caps sur les cryostats, et les plate-formes ainsi que tous les services (câbles, lignes de pompage et pneumatiques) à travers le détecteur ATLAS.
- Réception des systèmes de guidage des lignes de sécurité argon liquide pendant les opérations de mou-

vements des End-Caps du calorimètre en 2006 & 2007 dans la caverne. 2006 fut une année cruciale pour le projet avec les tests in situ de tous les composants, en particulier les lignes flexibles de transferts cryogéniques, pour les End-Caps.

Pour ce qui est des actions principales en 2006, le SERM s'est donc fortement impliqué dans :

- L'installation des lignes argon liquide End-Cap A et C.
- Le montage des lignes flexibles azote pour les End-Cap.
- Le raccordement en air comprimé feedthroughs.
- Le raccordement des lignes pompage vide et mise en route des pompes.

La fin de l'installation et des tests sur la cryogénie de proximité du détecteur se termine en cette fin d'année 2007. Le Barrel et les deux End-Caps sont aujourd'hui remplis d'argon liquide et stables en température pour les 10 ans d'ATLAS (figures 1 et 2). Un ingénieur du SERM reste présent au CERN jusqu'à la fin 2007. ATLAS devrait débuter sa prise de données début 2008.



Figures 1 et 2 : Intégration dans la caverne UX15 d'ATLAS : Ligne argon liquide dans son système de guidage lors du déplacement du End-Cap C maintenu en froid.

### CNAO

En cours de construction à Pavie, près de Milan, le CNAO (Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica) est un centre médical dédié au traitement des tumeurs cancéreuses par faisceaux d'ions carbone accélérés par un synchrotron. Le LPSC collabore depuis 2004 avec le centre italien à la réalisation du projet, très similaire au projet français de l'Espace de Traitement Oncologique par Ions Légers dans le cadre Européen (ETOILE).

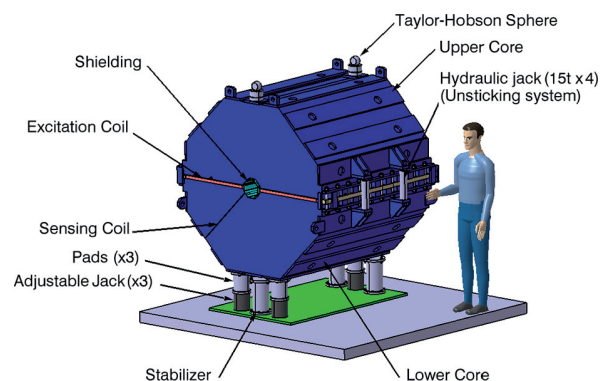


Figure 3 : Schéma du bêta-tron CNAO.



Le SERM participe en coopération avec le CERN et l'Université de Pavie, à la conception (CCTP et appel d'offre) et au suivi en sous-traitance de l'aimant du bêatron (figure 3), dispositif d'extraction lente des particules accélérées par le synchrotron tel qu'envisagé au CNAO.

Le SERM assure à ce titre la coordination technique au sein du LPSC du contrat englobant l'ingénierie, le design et la construction.

Depuis 2005, le SERM a réalisé :

- Le lancement et le suivi de fabrication d'une maquette livrée en 2006.
- Le design préliminaire du bêatron ; l'appel d'offre et la passation du marché en 2006.
- La réception du PDR (Preliminary Design Report) auprès du sous-traitant au printemps 2007.

La livraison du bêatron est prévue en décembre 2007 au CNAO à Pavie.

### GRANIT

Le projet GRANIT (Transitions GRAvitationnelles Induites du Neutron) est peut-être le seul système permettant une observation du graviton. Il prolonge les expériences effectuées à l'ILL qui ont montré pour la première fois au monde le confinement de particules dans un puits de potentiel créé par le champ de pesanteur terrestre et la surface d'un miroir.

Dans ce cadre, la contribution du LPSC (2007-2008) en collaboration avec l'ILL, et plus particulièrement du SERM qui assure la Coordination technique du projet, est la conception du spectromètre (figure 4) débutée en 2006 avec son blindage magnétique, son blindage neutronique, sa mécanique de précision, sa chambre à vide, son fonctionnement ainsi que son système de détection.

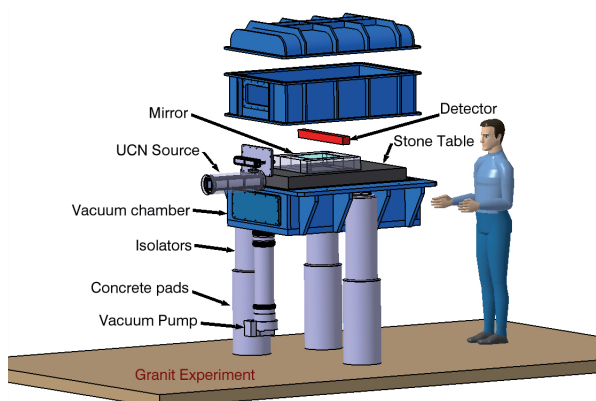


Figure 4 : Schéma du spectromètre GRANIT.

La production des premiers éléments a débuté en 2007 ; l'assemblage, le réglage et l'optimisation sont prévus en été 2008 et des mesures du temps de stockage et des transitions pour l'automne 2008.

Après la réalisation en octobre 2007 des pieds, de la

table en granit et de la chambre à vide, la salle propre a été installée au niveau C de l'ILL courant novembre 2007. Les miroirs sont en cours de réalisation en sous-traitance ; restent en étude : le cryostat, la source de neutrons ultra-froids, l'extracteur et les miroirs de transport.

### GUINEVERE – GENEPI 3C

La réalisation de ce projet (Generator of Uninterrupted Intense Neutrons at the lead Venus Reactor) (2006-2009) faite à l'aide de financements européens et en collaboration avec plusieurs laboratoires de l'IN2P3 : le LPC Caen – l'IPHC Strasbourg et l'IPNO Orsay, vise l'installation d'un GENEPI (GÉNérateur à NEutrons Pulsés Intenses) auprès du réacteur VENUS situé à Mol en Belgique.

Cette installation concerne les ADS (Accelerator Driven Systems), qui offrent de bonnes perspectives d'efficacité et de sûreté pour la transmutation des déchets nucléaires à haute activité et à vie longue. Ce GENEPI fonctionnera suivant 2 modes : en mode continu avec interruptions de faisceau ou en mode pulsé (même fonctionnement que GENEPI 1 et GENEPI 2 installé au LPSC).

Le couplage avec le réacteur doit être effectif pour le second semestre 2009. D'ici là, le SERM doit développer, installer et tester à Mol et assurer la coordination mécanique de l'ensemble de l'installation. Ceci représente donc, à la suite d'ATLAS un des projets majeurs du service.

5 principales phases sont programmées du printemps 2007 à Mars 2009 : Aménagement des locaux au LPSC / Définition, conception et fabrication / Montage, test et caractérisation au LPSC / Démontage et transport vers Mol / Remontage à Mol et test.

À ce titre, sachant que la construction du précédent GENEPI a demandé 550 jours de fabrication et de montage, la réalisation de cette installation représente un véritable défi, aidé en cela par le recrutement prévu, en CDD, de 3 agents supplémentaires.

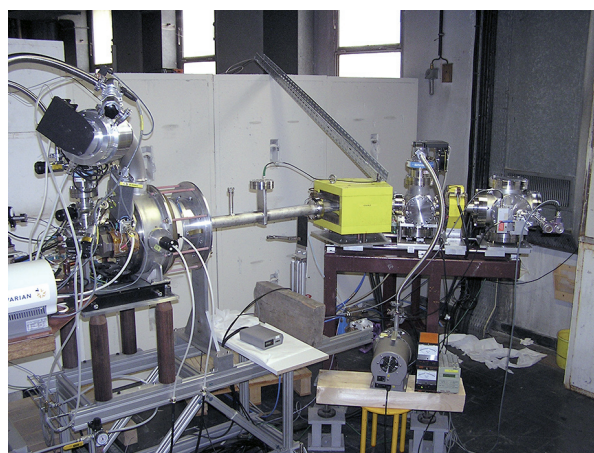


Figure 5 : GUINEVERE – Banc test.

Avec la définition de la ligne par le Service Accélérateurs, le SERM a réalisé en 2007 le montage du banc test (figure 5) dont certaines pièces ont été démontées sur GENEPI 1 installé à Cadarache, l'étude pour l'aménagement du hall test au LPSC représentant l'installation définitive à Mol. L'atelier a débuté depuis juillet 2007 la réalisation de l'ensemble source; les travaux de génie civil dans le hall test ont débuté en septembre 2007.

Ce projet sera la première occasion de tester les échanges de données techniques mécaniques informatiques (SMARTEAM) entre laboratoires impliqués de l'IN2P3.

### ILC CALICE

Après le LHC, le prochain projet majeur en physique des particules sera l'ILC « International Linear Collider »: un accélérateur linéaire de 30 km de long, une machine pour faire des mesures de précision sur des collisions électrons-positrons. La technologie de cet accélérateur est désormais établie. Il est prévu d'installer un calorimètre à près de 200 mégapixels pour le détecteur final sur l'ILC.

Ces développements se font dans le cadre d'une grande collaboration internationale dénommée CALICE, constituée de 45 instituts de 13 pays, dont 6 laboratoires de l'IN2P3. Les développements de ces calorimètres passent par la construction de prototypes qui sont ensuite testés en faisceau.

La contribution du LPSC porte sur le concept de détecteur européen LDC « Large Detector Concept » (figure 6). Au sein de la collaboration CALICE, le SERM participe à la conception du calorimètre électromagnétique (EM) à échantillonnage, silicium-tungstène (Si/W), intégré comme le calorimètre hadronique dans l'aimant, évitant la présence de matériaux magnétiques.

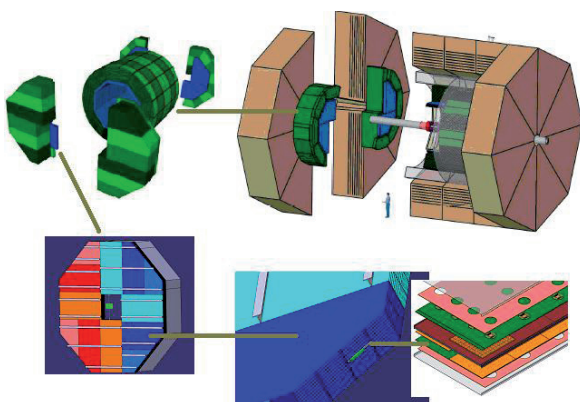


Figure 6: CALICE – En haut à droite: le concept LDC. À Gauche, calorimètres, en vert: hadroniques, en bleu: électromagnétiques. En bas, à gauche: un bouchon du calorimètre EM, composé de 12 modules de 3 types différents. Au centre, la tranche d'un des modules, avec un slab représenté. À droite, un slab avec ses différentes couches (W/PCB/wafers/chips/drain thermique/blindage).

Les activités de R&D engagées par le SERM depuis début 2006 concernent 2 thèmes de recherche touchant à la réalisation du calorimètre électromagnétique ECAL (en collaboration avec le LLR de Palaiseau, le LAL d'Orsay et l'Université de Manchester):

- La conception mécanique des bouchons: étude de la structure alvéolaire composite, vérification des aspects de déformation et tenue mécanique de la structure porteuse composite (simulations numériques, sachant que le poids du tungstène dans chaque bouchon EM est d'environ 16 tonnes) (figure 7), méthodes d'assemblage et de positionnement, prototype et définition des processus de fabrication de très grandes structures composites. Le SERM fournira au LLR fin 2007 les éléments de fixations et les plaques composites externes du prototype technologique EUDET.
- La définition du système de refroidissement nécessaire eu égard à la dissipation thermique des très nombreuses voies de mesure (~83 millions de voies électroniques intégrées dans la structure composite du détecteur), dans un espace très restreint.

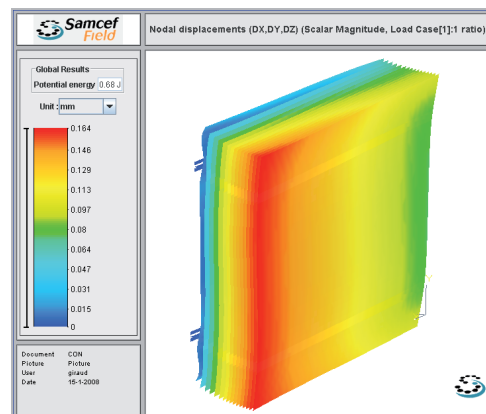


Figure 7: CALICE – Déformation d'un module End-cap.

### IPHI

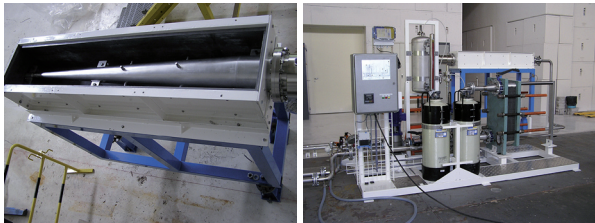
Le projet IPHI concerne la réalisation d'un prototype d'accélérateur de nouvelle génération pour les faisceaux de protons de forte puissance. Cette collaboration associe plusieurs laboratoires de l'IN2P3, le CEA et le CERN. Le SERM a assuré la réalisation du bloc d'arrêt faisceau de l'expérience, de son supportage, des blindages, des mesures de température et du système de circulation d'eau.

La conception a dû répondre à des exigences de performances (300 kW à dissiper) et de sécurité (faible activation des matériaux pour laquelle, suite à des essais d'activation sous faisceau, le nickel a été retenu, circuit d'eau pressurisé...).

Le dimensionnement thermomécanique du bloc d'arrêt proprement dit, a été effectué à l'aide de simulations numériques analytiques et en éléments finis. Le SERM a défini la géométrie et les débits d'eau de refroidissement permettant d'obtenir des températures

de fonctionnement raisonnables. La tenue mécanique de l'ensemble a été validée.

La phase de fabrication de cet ensemble a débuté fin 2005; le SERM a livré l'installation clés en main (figures 8 et 9) sur le site du CEA Saclay en novembre 2006.



Figures 8 et 9: IPHI - Étude et réalisation du cône d'arrêt faisceau avec son skid de refroidissement.

### HIPPI

Le LPSC développe des compétences sur les futurs injecteurs de protons pulsés et de haute intensité dans le cadre du programme européen CARE/HIPPI (Coordinated Accelerator Research in Europe/High Intensity Pulsed Proton Injectors).

Le SERM s'est ainsi engagé dans l'étude (thermique, maquette technologique) et la réalisation de :

- 10 cavités accélératrices à couplage latéral (SCL) livrées fin 2006.
- Après les premières mesures et réglages effectués par le Service Accélérateurs, les dernières reprises d'usinage ont été faites pour accorder au mieux ces cavités (figure 10).
- Le port de couplage pour le DTL (le couplage de la puissance radiofréquence est effectué par guide d'onde) livré au CERN fin 2007.

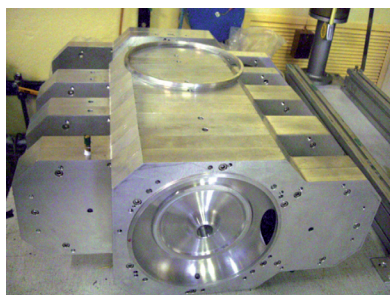


Figure 10: HIPPI – 10 cavités résonnantes réalisées en aluminium.

### Sources d'ions

Depuis l'an 2000, le SERM continue à être fortement impliqué dans l'étude et la conception détaillée de sources d'ions :

### MIMAC

Après avoir assuré en 2005 la conception et réalisation mécaniques d'une source d'ions 2,45 GHz à base d'aimants permanents et devant produire des faisceaux d' $^3\text{He}^{2+}$  de très faible intensité, le SERM a en

charge sur 2007-2008, en collaboration avec le SDI, le développement d'un système gaz pour la TPC (Time Projection Chamber), système devant notamment assurer le mélange et la circulation-filtration en continu de gaz très propres  $^3\text{He}$  puis  $\text{CF}_4$  de la TPC (de 100 mbar à 3 bars).

Parallèlement, le SERM va entamer (financement ANR) l'étude de 2 chambres hexagonales et du blindage (livrable pour 2009).

### SPIRAL 2

Le grand projet national SPIRAL 2 (Système de Production d'Ions RadioActifs en Ligne) est en phase de construction sur le site du GANIL avec l'implication de nombreux laboratoires. Le LPSC participe au sein de la collaboration à la réalisation des coupleurs RF de puissance.

Les coupleurs ont pour but de transférer la puissance des amplificateurs aux cavités accélératrices supraconductrices du LINAC de SPIRAL 2. Ces coupleurs doivent en particulier répondre à des exigences de couplage électromagnétique et de dissipation thermique.

Le SERM continue à fortement contribuer au projet. Après l'étude mécanique et les calculs de dissipation thermique de l'antenne (transfert des données géométriques issues d'une maquette numérique du coupleur), deux technologies de coupleurs de type « antenne » ont en effet été envisagées en coopération avec le Service Accélérateurs: une géométrie avec une **céramique cylindrique** et une avec une **céramique annulaire** (dite « disque »).

Les géométries et matériaux retenus ont été définis après de nombreuses simulations numériques afin de répondre au mieux à des exigences parfois contradictoires (encombrement, RF, thermique, mécanique, tenue au vide...). Le coupleur assure en effet un rôle de transition radiofréquence, vide et thermique.

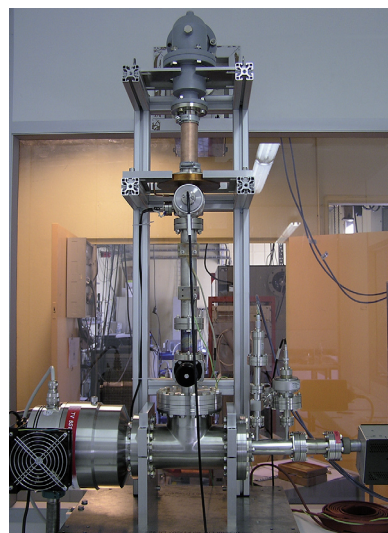


Figure 11: SPIRAL 2 – Banc de tests installé dans la nouvelle salle propre.



Les procédures de fabrication et d'assemblage (en particulier brasures céramique métal et soudure par faisceau d'électrons) ont été définies. Le SERM a également conçu et réalisé la partie mécanique du banc de test spécifique (cf. figure 11) qui permet de tester ces coupleurs en salle propre. Ce banc est entièrement monté et est actuellement en cours d'utilisation par le service accélérateur.

Suite à la réalisation de deux prototypes de coupleurs RF de puissance, testés et conditionnés, le coupleur avec la céramique « disque » a été retenu en 2007.

Le SERM a assuré la réalisation et l'équipement à l'été 2007 d'un local propre de nettoyage et de conditionnement sous flux laminaire. Le service est en train de conditionner 5 coupleurs de qualification (2007), suivra une série de 35 coupleurs (2008-2009) dont 5 de rechange.

### EURONS JRA3

Le booster de charge conçu initialement pour une tension accélératrice de 30 kV, doit dans le cadre de SPIRAL 2, pouvoir être porté à 60 kV. Les modifications nécessaires ont été apportées tout en augmentant la résistance mécanique de l'ensemble.

Le SERM a assuré depuis le printemps 2007 la conception et la réalisation du mouvement motorisé du tube ralentisseur-injection conçu pour le booster de charge  $1+/n+$ , ainsi que la chambre plasma à double fréquence.

### EURONS-JRA7 (A-PHOENIX Q/A=1/3)

Le LPSC qui a la responsabilité de l'injecteur (Q/A=1/3) de SPIRAL 2 a assuré la conception (SSI-SERM) d'une nouvelle source d'ions (A-PHOENIX) de haute technologie (figure 12). Le champ magnétique axial est assuré par des bobines supraconductrices à haute température (HTS), tandis que le champ magnétique radial est assuré par un hexapole à aimants permanents de dernière génération. Les problèmes thermiques et la maîtrise nécessaire des forces magnétiques intenses ont nécessité des solutions innovantes au niveau de l'intégration mécanique.

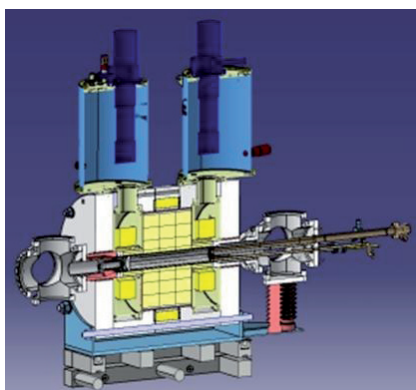


Figure 12 : Détails de la conception finale CAO d'A-PHOENIX.

Le SERM a finalisé le design mécanique complet en mai 2006 et a transmis les derniers dessins à l'atelier en septembre 2006. La conception a notamment porté sur :

- L'injection de la source / les supports / l'extraction / l'hexapôle et ses outillages dédiés au positionnement et au montage.
- L'extraction d'ions (4 électrodes ayant un potentiel réparti entre -2,5 et 60 kV), a été conçu et réalisé par le SERM au cours du printemps 2006 puis testé par le service des sources d'ions.

Les dernières pièces et ajustements pour l'assemblage final de l'hexapôle ont été livrés par l'atelier été 2007 permettant de caractériser un premier faisceau en septembre.



Figure 13 : hexapôle d'A-PHOENIX rempli avec ses aimants permanents.

### CREAM

L'expérience CREAM explorera les rayons cosmiques de ultra haute énergie ( $\sim 10^{12}$  à  $10^{15}$  eV). Ce sera la première expérience à être lancée dans le cadre du programme de vols en ballon de très longue durée (ULDB) de la NASA.

Le SERM s'est rapidement et fortement impliqué sur la période 2005-2006, en collaboration avec l'université de Toulouse, dans la conception et la réalisation du détecteur CHERCAM (compteur Cherenkov de mesure de charge).

Ainsi, la participation du SERM dans la réalisation des éléments de CHERCAM s'est décomposée en :

- Conception thermomécanique: suivi de la conception en liaison avec le CESR Toulouse, étude thermique du détecteur, conception du support radiateur, réalisation de l'étoile LED.
- Réalisation mécanique: elle a nécessité 267 jours de travail à l'atelier du LPSC pour la fabrication de la structure aluminium. L'ensemble mécanique a pu être réalisé grâce notamment au centre d'usinage numérique acquis fin 2005 par le laboratoire. L'atelier du LPSC a participé à l'assemblage des différents éléments du détecteur et a également réalisé la fermeture du plan de radiateur aérogel par fenêtre mylar.
- Intégration: réalisée au LPSC d'octobre 2006 à janvier 2007.

Livré au printemps 2006 à UMD pour l'intégration dans le ballon, CHERCAM a effectué son premier vol fin 2007 en Antarctique.



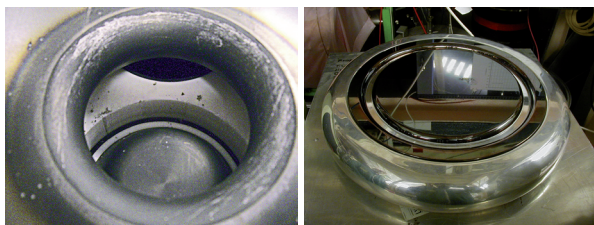
Figures 14 et 15 : Structure mécanique intégration des cartes, et PM du détecteur CHERCAM.

### nEDM (phase I)

Le projet nEDM a pour objectif la mesure du moment dipolaire électrique du neutron  $d_n$  et l'amélioration de 2 ordres de grandeur de la valeur obtenue à ce jour ( $d_n \sim 2 \cdot 10^{-26} e \cdot \text{cm}$ ).

Le SERM s'est impliqué depuis début 2006 dans le projet nEDM ; à partir du reverse engineering effectué sur la vanne à neutrons, le service a assuré la conception d'une vanne de nouvelle génération avec les améliorations à apporter sur un double déplacement du bouchon afin de fermer au mieux la cellule de stockage (figure 16). La caractérisation des différentes pièces de la vanne, le choix et l'utilisation de matériaux « totalement » amagnétiques se sont avérés primordiaux, comme la définition des traitements de surface adéquats.

Le SERM a participé à la maintenance de l'équipement en réalisant notamment en 2006 l'usinage et le polissage de nouvelles électrodes pour le spectromètre OILL (figure 17). La fabrication et les tests du système vanne (50 000 cycles d'ouverture/fermeture) ont été effectués en juillet 2007.



Figures 16 et 17 : Vanne à neutrons en cours de test, et Anode nEDM avec traitement DLC.

Le service a réalisé fin 2007 une nouvelle vanne à neutrons qui sera testée sur le spectromètre nEDM à l'ILL et devrait être intégrée (en double exemplaire) à son futur successeur.

**Perspectives:** La source de spallation avec faisceau proton du Paul Sherrer Institut (PSI) va permettre la réalisation de la phase III du projet (2007-2010): un

nouveau spectromètre (n2EDM: faisceau proton de 600 MeV et 1,2 mA - Densité UCN  $\sim 1000 \text{ cm}^{-3}$ ) de 3-4 tonnes. La collaboration souhaiterait voir le SERM prendre la responsabilité technique du projet intégrant au niveau mécanique le LPC Caen, le LPSC et PSI.

### Tomographe

Le LPSC est engagé depuis octobre 1999 dans le développement d'un prototype de Tomographe à Émission de Positons (TEP), utilisant du xénon liquide (LXe) comme milieu actif (figure 18). L'objectif est de construire un démonstrateur (quelques modules) visant à montrer les performances accessibles par un système TEP utilisant les propriétés de scintillation du LXe.

Le SERM assure le fonctionnement et la maintenance de cet équipement, assure les modifications du cryostat et a réalisé en 2006 les premiers tests xénon avec configuration 2 PM pour mesure en z.

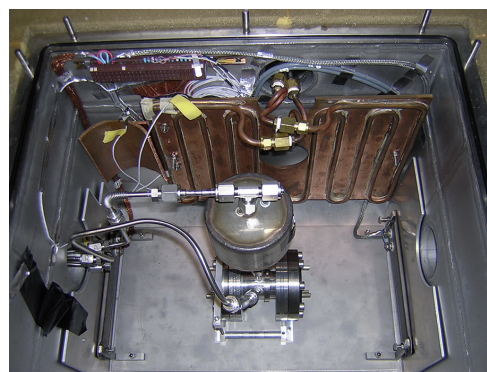


Figure 18 : Cryostat du tomographe.

En 2007, le SERM a conçu la mécanique pour pouvoir remplacer les PM par les APD API 16 mm sur céramique et/ou nues, notamment par la réalisation d'une traversée étanche. Une seconde traversée est livrable en novembre 2007.

### UCN (Cryostat)

Cryostat démonstrateur / tenue aux irradiations d'un glaçon de deutérium.

En partenariat étroit avec l'ILL et d'autres laboratoires européens et russes, le LPSC poursuit une étude de R&D pour la mise au point d'une nouvelle source de neutrons ultra froids (UCN), source pouvant être notamment utilisée pour la recherche du moment électrique dipolaire du neutron (nEDM). Le principe de cette source est de ralentir des neutrons froids ( $\sim 500 \text{ m/s}$ ) en les faisant interagir avec un volume de deutérium solide sous sa forme ortho et maintenu à basse température ( $\sim 5 \text{ K}$ ). Les neutrons froids perdent une partie de leur énergie via un mécanisme d'excitation des phonons de la structure cristalline du deutérium solide; ils sont « convertis » en neutrons ultra froids ( $\sim 5 \text{ m/s}$ ). Pour une efficacité maximale il est envisagé d'implanter ce type de source au plus près du cœur du réacteur à haut flux de l'ILL. Dans le cadre d'une



étude de faisabilité il est alors apparu essentiel de valider la tenue du glaçon de deutérium aux radiations issues du cœur du réacteur. Pour cette validation un dispositif expérimental a été réalisé; il permet la fabrication d'un glaçon de deutérium dans un cryostat, puis son irradiation auprès d'un accélérateur (faisceau d'électrons).

Le SERM a réalisé les modifications à apporter au cryostat de l'ILL, aux enceintes et canes nécessaires à la conversion du deutérium de sa forme normale à sa forme ortho (catalyse), à la fabrication du « glaçon » et aux tests d'irradiation :

- Dimensionnement thermomécanique et réalisation de l'enceinte d'irradiation (géométrie et matériaux) en fonction du volume de deutérium associé.
- Conception et usinage de l'enceinte de catalyse servant à la conversion du para-deutérium pour l'obtention d'ortho-deutérium de concentration suffisante.

Pour des raisons d'efficacité de la catalyse et de sécurité, le remplissage de l'enceinte par le catalyseur a été réalisé en mai 2007 dans une des grandes boîtes à gants du laboratoire sous atmosphère neutre (figure 19). Les tests d'irradiations sous faisceau d'électrons ont été réalisés avec succès en juin 2007 à Dubna et ce cryostat démonstrateur est un prélude à l'étude d'une source de neutrons ultra froids.

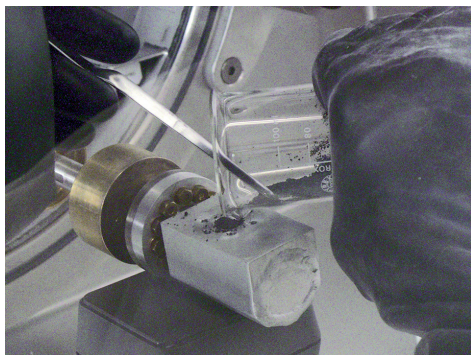


Figure 19: Remplissage de l'enceinte catalyse en boîte à gants.

**Perspectives:** ILL & PSI, sources de neutrons ultra froids. Outre la réalisation du cryostat démonstrateur en 2007, le LPSC doit poursuivre en partenariat avec l'ILL une étude de R&D pour la mise au point d'une nouvelle source d'UCN. Le SERM pourrait participer au dimensionnement thermomécanique de cette source (2007-2009).

### Réalisation de pièces mécaniques complexes

De très belles pièces ont été usinées (figure 20), dont la chambre de la source A-Phoenix en Fortal [A] qui a été taillée dans la masse et a nécessité près de 3 mois d'usinage sur tour numérique avec l'aide de la CFAO pour laisser une épaisseur de chambre de 0,7 mm; un cadran solaire à fibres optiques [B] installé à l'EPCC du Chevalet à Aspres-sur-Buëch; une chambre dotée d'une optique de focalisation [C] pour GUINEVERE-GENEPI 3C; un réacteur plasma [D] livré début avril 2007 au groupe Plasma-Matériaux-Nanostructures du LPSC pour Thalès...

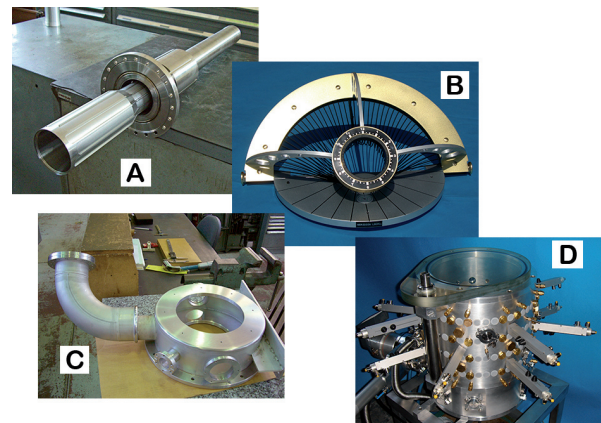


Figure 20

### Accueil de stagiaires

Le SERM accueille et encadre régulièrement des stagiaires qui sont amenés à travailler sur des sujets de thermique et de mécanique. Ont été accueillis: en 2006, un élève de Master 2 IPRO de l'UJF Grenoble et en 2007, un stagiaire CAP en atelier.

## Service Électronique

*Christophe Vescovi, Robert Foglio, Christian Barruel, Jean-Luc Bouly, Olivier Bourrion, Germain Bosson, Joël Bouvier, Bernard Boyer, Pierre Cavalli, Daniel Dzahini, Ludovic Eraud, Laurent Gallin-Martel, Jean-Pierre Girard, Éric Lagorio, André Menthe, Savino Muggeo, Jean-Pierre Richer, Jean-Pierre Scordilis, Damien Tourres, Mahfoud Yamouni*

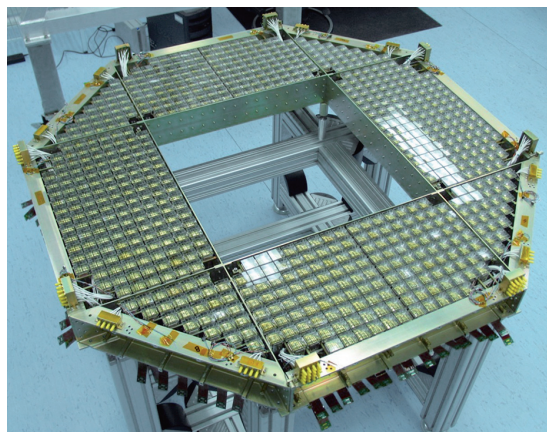
Les années 2006 et 2007 ont été caractérisées par la montée en puissance de développements en électronique système notamment grâce à l'intégration dans le service Électronique d'une partie du service Acquisition de données. Il y a également eu continuation des développements de circuits intégrés pour applications spécifiques (ASIC) et de leur utilisation comme éléments d'une électronique hautement intégrée pour les expériences de physique.

La compétence reconnue de l'équipe CAO du service électronique dans l'utilisation des outils logiciels lui permet d'assurer la tâche de Site Mainteneur IN2P3 pour l'utilisation des logiciels de placement - routage ALLEGRO et de SPECTRA.

Cette maîtrise permet le développement de nombreuses cartes complexes et apporte une valeur ajoutée très importante dans tous les projets et les collaborations du laboratoire. Les réalisations les plus significatives du service pour ces projets sont décrites ci-dessous.

### AMS

Depuis 2005, l'imageur Cherenkov du détecteur AMS est localisé au laboratoire CIEMAT de Madrid. Le service électronique est cependant encore impliqué ponctuellement dans l'intégration et les tests de ce sous détecteur. Nous avons notamment participé aux caractérisations optiques des tuiles d'aérogel qui se sont déroulées au LPSC, sommes intervenus à CIEMAT pour l'intégration du plan de photomultiplicateurs et de son électronique intégrée avant les tests en vibration, et participé au montage des tuiles d'aérogel sur le radiateur de vol.



Plan de détection du détecteur Cherenkov d'AMS monté au CIEMAT (Madrid).

### A-Phoenix

Le service d'électronique a développé pour le projet A-Phoenix (EURONS-SPIRAL 2) une électronique permettant de protéger les bobines supraconductrices des effets « quench ».

Leur fonction est de détecter le moindre déséquilibre de tension à différents points de la bobine supraconductrice, engendré par un quench (0-4 mV et  $t > 50$  ms), de transmettre l'information à l'électronique associée qui doit stopper l'alimentation (200 A) et éviter ainsi tout effet destructeur.

Les ponts diviseurs de tension, constitués par les galettes et des résistances ajustables, permettent un équilibrage à la valeur de l'inductance de chaque couple. Cet équilibrage s'effectue une fois pour toutes en injectant 2 V/50 Hz aux bornes de l'ensemble des couples de galettes.

Les mesures de tensions (amplis d'isolement et d'instrumentation fort gain) doivent avoir une grande sensibilité et un excellent rapport signal/bruit, car la gamme de signal à exploiter est de l'ordre de 0-4 mV.

Le système permet aussi de localiser physiquement le premier quench dans la structure de la bobine.

Deux baies ont été réalisées au laboratoire pour protéger les deux bobines installées sur la source A-Phoenix et testées à Culham (Angleterre) dans les locaux de Scientific Magnetics (fabriquant des bobines).



Baie comprenant l'alimentation des bobines supraconductrices et l'électronique « anti-quench » (en bas).

## Auger

Le service électronique participe depuis fin 2005 aux tests de photomultiplicateurs (PM) présentant des pannes intermittentes sur le site d'Auger Sud en Argentine. Nous avons réussi à reproduire la plupart des pannes observées *in situ* en plaçant les PM incriminés ainsi que leur électronique dans une enceinte thermique programmée pour simuler les conditions climatiques de Malargüe (site d'Auger Sud).

Les pannes ne semblent pas provenir d'un problème unique mais plusieurs causes ont été identifiées et des solutions sont actuellement étudiées pour résoudre ces défauts.

## CNAO

Fin 2004, le LPSC a été contacté par la fondation CNAO (Italie) afin de participer à la fabrication d'un synchrotron pour le traitement de tumeurs cancéreuses. De par la similitude entre ce projet et le futur projet français ETOILE, le laboratoire a décidé de s'impliquer dans CNAO dans plusieurs domaines, dont l'électronique de contrôle de la cavité accélératrice, Low Level RF, qui a été confiée au service électronique épaulé à l'époque par le service d'acquisition de données.

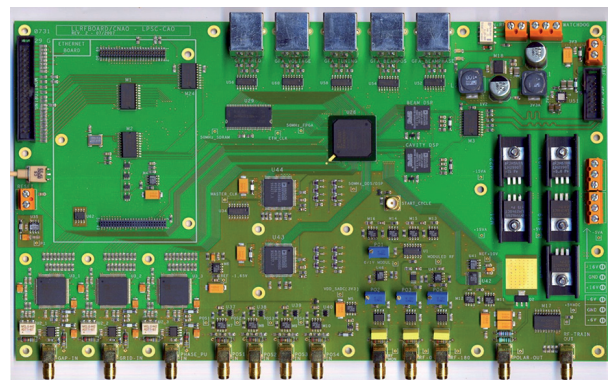
Le but de cette électronique est de piloter l'unique cavité accélératrice du synchrotron de CNAO à partir des consignes fournies par le centre commande/contrôle. L'électronique doit contrôler la montée en fréquence (300 kHz-4 MHz) et l'amplitude (10 V-5 kV) du signal sinusoïdal fourni à la cavité tout en assurant l'accord de celle-ci. Elle doit également assurer le positionnement transverse et longitudinal du faisceau en contrôlant finement la fréquence fournie à la cavité.

Des difficultés pour figer le cahier des charges nous ont contraints à avancer par étapes. Depuis le début du projet, 4 cartes différentes ont été développées, soit afin de simuler des éléments du contrôle/commande non disponibles au moment des tests, soit afin de valider les différentes fonctionnalités de l'électronique.

Deux cartes ont été fabriquées en 2006, SimuGFA (simulateur de GFA) et CADSPER (basée autour d'un DSP ADSP21261), permettant d'assurer le contrôle de la cavité accélératrice d'une manière similaire à ce qui sera fait à CNAO, en utilisant les boucles d'accord et de contrôle de l'amplitude de la cavité mais sans prise en compte des boucles de contrôle du faisceau. Ces cartes ont été testées intensivement sur la cavité accélératrice installée au CERN et ont donné entière satisfaction.

Les spécifications des capteurs de position et de phase du faisceau ayant été figées, la conception d'un dernier prototype (LLRF) assurant toutes les fonctionnalités de l'électronique a été lancée début 2007. Les tests sur ce dernier prototype basé sur deux DSP ADSP21363, un FPGA Xilinx XC3S400 et un microcontrôleur Ethernet ont débuté à la fin de l'été 2007 et le système

était validé à l'automne 2007 pour des premiers tests sur le PS Booster du CERN. Ces tests, réalisés en étroite collaboration avec l'équipe RF LEAR du CERN furent un succès. L'électronique LLRF a en effet été capable de contrôler la position transverse et longitudinale du faisceau en pilotant la fréquence injectée sur la cavité du PS Booster. Cette fonctionnalité ne pouvant pas être testée à CNAO avant l'achèvement de la construction de l'accélérateur, il était crucial de vérifier le bon fonctionnement de l'électronique sur une machine au fonctionnement validé. Deux publications seront soumises à la conférence EPAC 2008, une pour les tests au PSB (en collaboration avec l'équipe du CERN) et une sur l'architecture de l'électronique.



Carte LLRF permettant le contrôle total de la cavité accélératrice CNAO.

## Codalema

Dans le cadre du projet Codalema, le service électronique réalise un tiroir de multiplicité.

Le tiroir de multiplicité a pour fonction de fournir un trigger en fonction des événements captés par les photomultiplicateurs des stations de détection par scintillation de l'expérience. Cette information s'opère sur trois niveaux successifs :

- Les impulsions de chaque voie issues d'un événement passent par un comparateur qui ne sélectionne que celles qui ont une amplitude supérieure à un niveau allant de 10 à 60 mV. Ces informations peuvent être visualisées par un niveau logique d'une durée de 650 ns sur les sorties « Trigger » du tiroir.
- Un « masque » est appliqué sur les voies. Il permet de prendre en compte uniquement certaines voies dans le calcul de la multiplicité.
- Les signaux sortants du masque sont intégrés dans la multiplicité. La fonction de multiplicité consiste à compter le nombre de voies qui ont observé un événement dans un intervalle de temps donné. Si le nombre de voies est égal ou supérieur au nombre voulu il y a alors multiplicité. L'intervalle de temps est fixé à 650 ns.

Les différents paramètres des trois niveaux précédents sont ajustables directement sur le tiroir ou depuis un PC grâce à une liaison USB.



Trois tiroirs traitant chacun 16 voies ont été réalisés et 2 sont installés depuis mars 2007 sur le site de l'observatoire de Nançay.

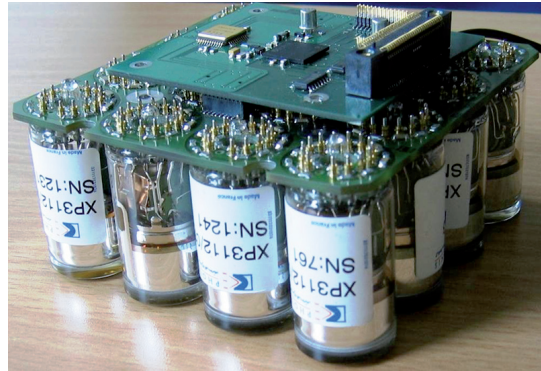
## CREAM

Les services d'électronique et d'acquisition de données ont pris, dès le début du projet Chercam au laboratoire la responsabilité de toute l'électronique de ce sous détecteur de CREAM (expérience ballon longue durée). Chercam est un imageur Cherenkov basé sur l'expérience acquise pour AMS. Les spécificités de l'électronique sont les suivantes :

- Mettre en œuvre les PM (alimentation haute tension et base) dans un mauvais vide (5 mbar).
- Intégrer et numériser les signaux issus des 1600 PM.
- Faire une sélection automatique de gain et une suppression de zéros afin de passer de  $1600 \times 2$  à une vingtaine de données.
- Gérer les différents modes d'opération (calibration, acquisition, configuration).

Les ASIC conçus pour AMS ont été réutilisés pour cette expérience, chaque ASIC et son électronique d'acquisition associée permet de lire un sous module de 16 PMT grâce à une chaîne de spectrométrie classique. Ces ASIC associés à un FPGA gérant la sélection de gain et la programmation du « picking time » sont montés sur une carte DAQ-FEE, elle-même directement connectée à la carte d'alimentation HT (base) des PMT. Ces deux cartes associées à 16 PMT forment un sous module du détecteur. Une attention particulière est portée sur la partie haute tension de ces sous modules qui sera enrobée de résine afin d'éviter les claquages en vol.

Des alimentations -1400 V/1 mA, développées par le service électronique en collaboration avec le CESR de Toulouse, alimentent les 1600 photomultiplicateurs de la caméra Cherenkov à partir du 28 V des panneaux solaires du ballon sonde. Les principales spécificités lors du développement sont d'une part la pression critique de fonctionnement à environ 5 mbar autour du coude de Paschen, d'autre part le gap de température important entre la glace du pôle sud jusqu'au vol à 40 km d'altitude.



*Sous module de 16 PMT avec ses cartes d'alimentation (pont HT) et DAQ-FEE.*

La robustesse de l'électronique a été améliorée pour se prémunir des contraintes de pression grâce un potting spécifique apportant un bon maintien mécanique et surtout une bonne tenue au vide, Une grande rigidité diélectrique de l'ensemble (20 kV/mm) est ainsi assurée. Au total 100 alimentations ont été intégrées autour de la matrice du Chercam.

L'acquisition de données est principalement confiée à deux cartes :

- Deux cartes Merger sont utilisées pour transmettre les alimentations, commandes et triggers aux cartes DAQ-FEE. Elles concentrent les données en provenance de ces même cartes (50 sous modules par Merger), gèrent la LED de calibration et fabriquent la trame de données fournie à la carte suivante.
- Une carte Sparsification récupère les données des cartes Merger, les met en forme et les présente à l'ordinateur de bord (suppression de zéros), gère les triggers et les numéros d'événements et fabrique les trames de commandes.

L'électronique du détecteur est complétée par des cartes Flex d'interconnexion entre les sous modules et les cartes Merger, une carte HSK gérant les télémétries (acquisition basse vitesse, tension, températures, etc.) et une carte d'alimentation basse tension.

Afin de tester le détecteur dans les meilleures conditions, un simulateur de l'ordinateur de bord de CREAM a également été développé ainsi qu'une carte USB d'acquisition des télémétries et leurs logiciels

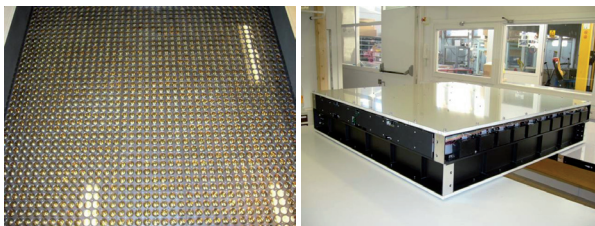


*Modules haute tension « pottés » et intégrés sur le détecteur.*

associés. C'est au total, 11 cartes électroniques, leurs logiciels embarqués et de tests qui ont été conçus par le service en un peu plus d'un an.

Le service d'électronique s'est également fortement impliqué dans le montage (avec le service mécanique et le SDI) et les tests du détecteur. Un ensemble de quatre sous modules a été testé sous faisceau au CERN et deux campagnes de tests d'acceptance ont été menées à l'IAS (Orsay) pour un test sous (mauvais) vide et à Intespace (Toulouse) pour un test thermique. Le sous détecteur a ensuite été livré à l'UMD (États-Unis) pour intégration, où nous avons également participé à divers tests.

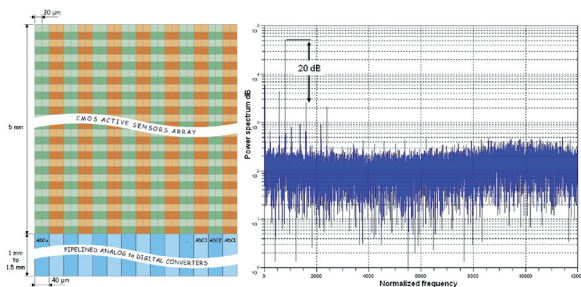
Le vol du détecteur CREAM s'est déroulé en décembre 2007 avec un lancement depuis la base de Mc Murdo en Antarctique. Ce projet aura été une réalisation majeure pour le LPSC et le service électronique, ce sous détecteur complet ayant été conçu et fabriqué entièrement (pour la partie électronique) au laboratoire en moins de deux ans.



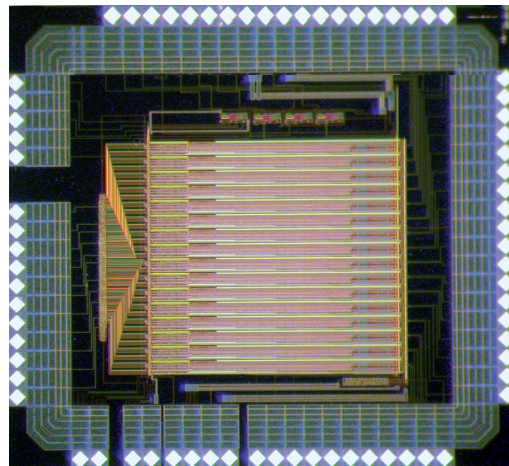
Vue du plan focal de PMT (à gauche) et du détecteur Chercam monté.

## ILC: International Linear Collider Électronique intégrée avec un ADC pour pixels MOS (MAPS) de ILC

Notre laboratoire collabore avec l'IPHC de Strasbourg pour le développement de matrices de pixels actifs associés à une électronique de codage analogique numérique sur 4 ou 5 bits. Chaque paire de colonnes de pixels est associée à un convertisseur échantillonnant au moins à 20 MHz. La largeur, la surface totale, tout comme la puissance dissipée du convertisseur, sont les contraintes importantes à concilier. Bien que la dynamique soit limitée à 4 ou 5 bits pour ce convertisseur, la difficulté réside dans la faiblesse des signaux à traiter (LSB=1 mV).



Vue schématique d'une matrice de pixel (à gauche) et rapport signal/bruit du deuxième prototype à double échantillonnage.



Troisième prototype de 16 canaux d'ADC pipe line de 5 bits à 50 MHz.

	Fréquence	Dimensions	Consommation
1 <sup>er</sup> proto 5 bits	25 MHz	43 × 1500 μm	1,04 mW
2 <sup>e</sup> proto 4 bits	25 MHz	40 × 900 μm	0,72 mW
3 <sup>e</sup> proto 5 bits	25 MHz	40 × 1400 μm	0,69 mW

## L'électronique pour le calorimètre électromagnétique

Nous avons pris des engagements sur une partie de l'électronique du calorimètre. L'ambition est d'intégrer toute la chaîne électronique incluant le convertisseur ADC dans le même circuit. Nous travaillons sur un convertisseur de type pipeline 12 bits. Plusieurs prototypes ont été réalisés et testés avec succès. Nous continuons d'améliorer le facteur de qualité vitesse/consommation. Toute l'alimentation de cette électronique est en mode pulsé avec une possibilité de mise en veille et d'activation rapide. Nous présentons ci-après les photos d'un prototype avec un résultat de test.

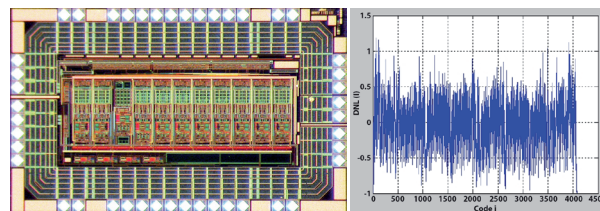


Photo et non-linéarité différentielle d'un convertisseur ADC pipeline de 12 bits, 25 MHz et 35 mW.

## Mimac

L'objectif est de reconstruire la trace tridimensionnelle d'une particule traversant la chambre de ce détecteur. Après les premières études préliminaires, c'est une solution associant un préamplificateur de charge et un comparateur de courant qui a été retenue. Les sorties des comparateurs sont échantillonnées toutes les 20 ns [50 MHz].



Des compensations automatiques d'offsets via des amplificateurs « auto-zéro », hérités des développements pour EUSO, ont aussi été prévues sur chaque voie. 16 voies identiques ont été implantées dans cet ASIC associées à un circuit de sommation et de filtrage à deux gains donnant une information sur l'énergie de la particule incidente.

Par ailleurs, dans le but de réduire la consommation et le nombre de connexions en sortie, un double « sérialiseur » à 400 MHz [convertisseur parallèle-série] a aussi été intégré. Il transfère les 16 sorties des comparateurs sur deux lignes au standard LVDS [ $2 \times 8$  bits] entre deux échantillonnages successifs. Ceci nécessite l'implantation d'une boucle à verrouillage de phase [PLL] pour générer à partir de l'horloge système à 50 MHz une horloge à 400 MHz associée à deux registres à décalage. La « cohabitation » entre un oscillateur à 400 MHz et des préamplificateurs bas bruit n'a pas posé de problème lors des tests des circuits.

La carte d'acquisition d'un prototype de cellule de détection hexagonale a été également réalisée. Elle comporte 12 ASIC permettant de traiter  $2 \times 96$  voies (lignes et colonnes). Cette carte intègre également une connectivité Ethernet limitant ainsi le nombre de passages de fils ce qui aura son importance lors de la construction d'un détecteur de grande taille, regroupant plusieurs cellules de détection.

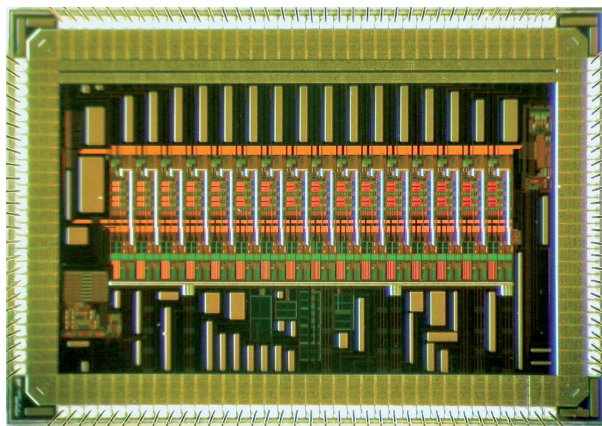


Photo de l'ASIC « Mimir » [surface  $\sim 15 \text{ mm}^2$ ].

## Peren

Le service électronique a étudié le système de régulation thermique d'un four 3 zones.

Ce four est utilisé pour réaliser un système de fusion et de moulage des sels massifs  $\text{LiF-BeF}_2$  dans des cylindres de graphite. Le four est géré par un système informatique qui pilote le régulateur Euroterm principal et trois régulateurs esclaves commandant trois gradateurs de puissance destinés au contrôle des phases et à la régulation de charge triphasée industrielle.

Ce four est en fonction depuis 2006 et continue à être maintenu par le service.

## Planck

Dans le cadre du projet Planck, le service électronique du LPSC est impliqué dans la conception de deux électroniques de contrôle de machines cryogéniques du satellite. Le Sorption Cooler, développé par le Jet Propulsion Laboratory (NASA-USA) permet la descente en froid de 50 K à 20 K tandis que le Dilution Cooler développé par le CRTBT (Grenoble) et construit par Air Liquide DTA permet d'atteindre les 0,1 K depuis l'étage 4K.

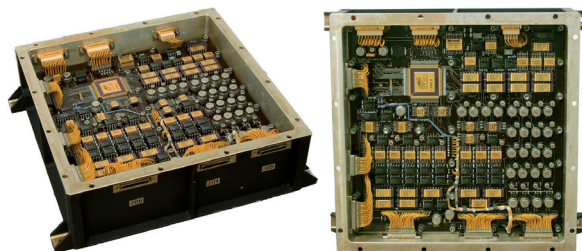
### Sorption Cooler Electronics

Ces deux années ont été principalement dédiées aux tests des électroniques de vol conçues par les services électronique et acquisition de données et fabriquées par ASTRIUM/CRISA (Espagne). Les trois modèles de vol ont été testés fonctionnellement au LPSC par nos équipes avant d'être livrés à Alcatel Space Cannes (maintenant Thales). Nous avons également participé aux différentes étapes d'intégration et tests sur le satellite à Cannes et au CSL (Liège).

### Dilution Cooler Electronics

L'électronique du cryogénérateur à dilution d' $^3\text{He}/^4\text{He}$  est aussi développée conjointement par les services électronique et acquisition de données. Contrairement à l'électronique du Sorption Cooler, dont la fabrication a été confiée à Astrium, le LPSC a été chargé, en plus de l'étude du prototype, du développement et de la fabrication des modèles de qualification et de vol.

Le premier modèle de vol a été livré pour tests fonctionnels définitifs au LPSC en décembre 2005. Cependant une modification d'interface avec le calculateur de bord HFI a été demandée par l'ESA. La modification de ce modèle a donc été réalisée courant 2006 sur le second modèle de vol avant de subir, intégré à la DCPU (fabrication Air Liquide Sassenage), la batterie de tests d'acceptation (vibrations, vide, thermique, compatibilité électromagnétique) nécessaire à la validation du modèle. Le modèle définitif a été livré accompagné de toute sa documentation en décembre 2006. Cette électronique est actuellement montée sur le satellite qui doit être lancé par une fusée Ariane 5 mi 2008.



Planck DCE FM.

Le projet Planck aura permis au laboratoire et au service électronique de découvrir les particularités et contraintes des projets spatiaux. L'importance de l'as-

surance qualité dans ce type de projets aura été une contrainte forte pour l'avancement du projet et l'aide d'un ingénieur qualité extérieur durant trois mois, fin 2005, a été précieuse pour la rédaction de la documentation de la DCE en 2006.

## SPIRAL 2

Afin de faciliter et d'accélérer la procédure de conditionnement des coupleurs RF de SPIRAL 2, le service électronique a participé à la conception d'un banc de test automatisé.

Ce banc est architecturé autour de deux PC. L'un se charge de mémoriser différents paramètres relatifs à l'amplificateur de puissance, et l'autre de suivre et mémoriser les différents paramètres mesurés sur le coupleur en cours de test, de commander la RF (en puissance et en pulsation) en fonction d'une procédure prédéfinie et de paramètres déterminants mesurés sur le coupleur, à savoir le vide et les multipactors. Ce second PC s'interface avec différents appareils de mesures et électroniques spécifiques développées au laboratoire :

- Un générateur R&S SM300 piloté par USB permettant de régler la puissance délivrée.
- Le générateur d'impulsions piloté par le port parallèle pour régler le rapport cyclique de la RF pulsée.
- Le modulateur PWM pour moduler la RF issue du générateur SM300.
- Le watchdog pour surveiller le PC pour la sécurité niveau 2.
- Le convertisseur courant/tension pour rendre exploitable la mesure des multipactors par la carte d'acquisition, et la sécurité niveau 2.
- Des jauges à vide pour la mesure du vide et la sécurité niveau 2.
- Un wattmètre RF pour mesurer les puissances incidente et réfléchie dans le coupleur.



*Partie contrôle du banc de test SPIRAL 2 (PC, générateur RF, générateur d'impulsions, modulateur et watchdog).*

Le conditionnement d'un premier prototype de coupleur a été réalisé en 2007 et a permis de valider le banc de test. Le conditionnement en série de tous les coupleurs de SPIRAL 2 commencera en 2008.

## TOMOGRAPHIE

### ArchiTep

Le projet Architep est une collaboration entre 3 laboratoires grenoblois (LIS, TIMC, LPSC) et le CERMEP à Lyon. Ce projet a pour objectif la réduction des temps de reconstruction d'images de tomographie à émission de positions (souvent prohibitifs).

Un prototype d'une carte de calcul comprenant 7 FPGA Virtex 4 a été conçue au LPSC en partenariat avec le LIS. Le routage et le suivi de la fabrication de cette carte ont été confiés au Laboratoire en raison des compétences reconnues du groupe CAO et des moyens disponibles. Le routage de cette carte est un point critique qui a pris beaucoup de temps et une attention toute particulière en raison des nombreux signaux rapides à traiter et à synchroniser.

Le test d'un premier prototype équipé d'une partie seulement des FPGA (afin de limiter les coûts) a commencé en novembre 2007; il a pour but de valider les différentes parties du design avant le lancement de la fabrication de la carte finale.

### Topase

Ce projet (soutenu par une ANR) initié par le LETI a pour but l'étude d'une architecture innovante et modulaire de camera TEP où la détection directe des gamma est réalisée à l'aide de détecteur à semi-conducteurs CdZnTe.

Dans ce cadre, le service électronique du LPSC participe à la conception d'un ASIC Front-End pour la lecture du détecteur CZT. Le LETI prend en charge la partie préampli du front-end tandis que le LPSC se charge de la partie aval, plus orientée traitement. L'ASIC développé au LPSC reçoit les signaux fournis par le circuit du LETI sous forme d'impulsions de courant différentielles rapides [durée max 30ns]. L'étage d'entrée de notre circuit est donc un double convoyeur de courant avec sommation des courants en sortie.

Chaque double convoyeur possède une 1<sup>ère</sup> sortie connectée à un comparateur de courant et une seconde sortie interconnectée aux 15 autres voies pour générer un courant global pour les 16 voies. Ce courant est ensuite intégré pour fournir l'énergie totale à condition qu'un des 16 comparateurs de courant ait déclenché. Une correction de courant d'offset à l'entrée de l'intégrateur via un DAC 7 bits est aussi prévue.

Après une phase de définition précise du cahier des charges, le développement de l'ASIC a réellement commencé mi 2007 et devrait aboutir à un premier prototype dans le premier semestre 2008.

## Service Informatique

*Bernard Bouterin, Solveig Albrand, Guillaume Dargaud, Jérôme Fulachier, Christine Gondrand, Fabian Lambert, Frédéric Melot, Pascal Meyrand, Jean Mirasolo, Fabrice Pancher, Joseph Piarulli*

*The service has two principal roles:*

- *The administration and maintenance of the computing infrastructures, in particular the network and the various servers.*
- *The development of software applications for high energy physics, and the support of software development for research groups.*

Le service Informatique a deux missions principales :

- Mission d'exploitation des infrastructures informatiques du laboratoire (réseaux, serveurs de données, serveurs de calcul).
- Mission de conception de développement et d'exploitation de systèmes informatisés au bénéfice des expériences de physique des hautes énergies.

### Exploitation des infrastructures informatiques du laboratoire

Le service informatique met en œuvre les infrastructures informatiques répondant aux besoins d'environ 200 utilisateurs. Parmi ses missions on peut noter : la bonne marche des serveurs et des services du réseau, l'exploitation quotidienne d'un parc de plus de 500 machines, le conseil et l'assistance aux utilisateurs, la mise en place d'outils de surveillance des services, l'administration et la supervision du réseau local.

### Services

Le service informatique met en œuvre et exploite les ressources suivantes : serveurs de données (60 To répartis sur 8 serveurs fin 2007), sauvegarde centralisée, messagerie, DNS, Active Directory, serveurs d'applications Windows, serveurs Web internes et externes, serveurs d'impression, système de visioconférence, serveurs SVN, serveurs de Bases de Données à usage interne et externe.

Pendant la période 2006-2007 l'effort de consolidation des services offerts à l'intérieur et à l'extérieur du laboratoire a été soutenu. Les sauvegardes sont désormais effectuées au Centre de Calcul de Lyon. Cela permet une mutualisation des moyens et une meilleure sécurité des données grâce à la délocalisation de la sauvegarde. Cette opération a été rendue possible par le passage du réseau au giga bits/s,

L'exploitation matérielle et logicielle des services ATLAS TagCollector et ATLAS Metadata Interface (AMI) est assurée par le laboratoire. Ces outils logiciels doivent être opérationnels 24 heures sur 24 car ils sont utilisés quotidiennement par plus d'une centaine de physiciens répartis sur l'ensemble du globe. Fin 2007, la base de données du service ATLAS Metadata Interface (AMI), a été migrée de MySQL sous Oracle au Centre de Calcul.

Des outils de surveillance des services ont été déployés pour générer des alertes en cas d'incident. Pour les ressources les plus critiques (climatisation, onduleur) un message téléphonique est envoyé aux administrateurs.

### Parc de machines

#### Serveurs

La période 2006-2007 a vu une augmentation significative du parc de serveurs de calcul avec une demande importante pour le groupe Physique des Réacteurs, de nouveaux besoins en QCD sur réseau et la mise en place d'un Tier 3 pour les expériences Alice et ATLAS opérationnel fin 2007. Pendant cette période 4 serveurs ont été acquis pour être affectés à des services, tandis que 21 serveurs de calcul ont été achetés permettant de porter à 244 le nombre de cœurs disponibles fin 2007.

#### Postes de travail

Depuis 6 ans les acquisitions de postes de travail s'effectuent dans le cadre de campagnes d'achat afin d'assurer une meilleure qualité dans la gestion du parc : meilleure connaissance du parc informatique et homogénéité des matériels et des logiciels.

Pendant la période 2006-2007 il y a eu deux campagnes d'achat par an qui ont permis de renouveler 50 machines chaque année pour un budget annuel d'environ 40 k€. Chaque utilisateur du LPSC se voit affecter un nouveau poste de travail tous les 4 ans en moyenne.

La tendance est une baisse du nombre de postes fixes compensée par une augmentation des portables comme le montre la figure page suivante.

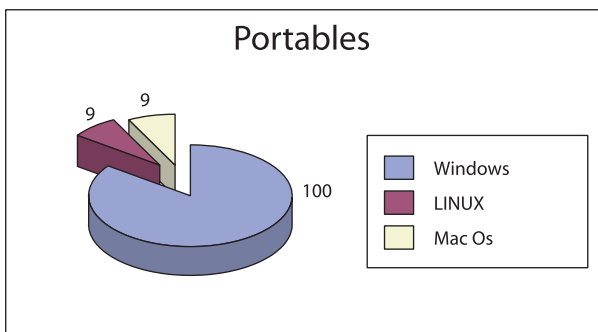
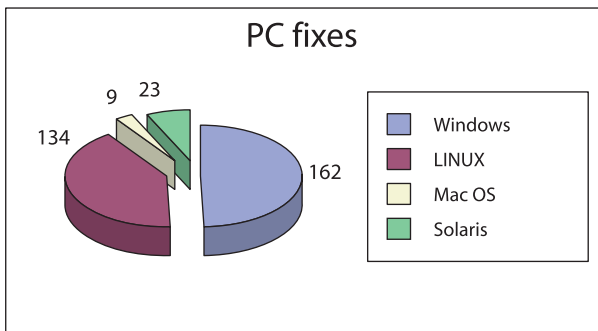
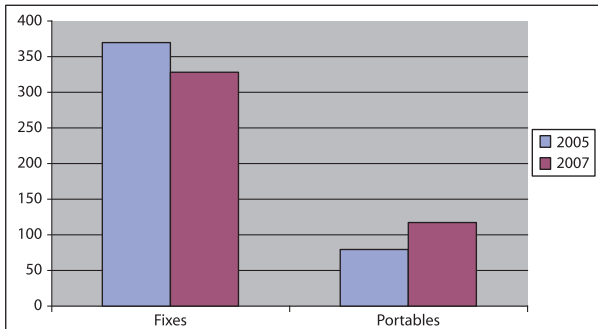
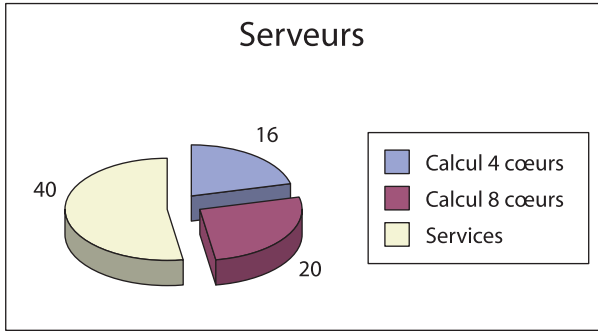
La répartition des machines par système d'exploitation est décrite dans les figures ci-après.

### Réseau

En 2006 un secours du point d'accès au réseau Renater via l'ESRF a été mis en œuvre sur une liaison fibre optique multimode permettant un débit de 100 Mbits/s.

En 2007 le point d'accès principal au réseau Renater a évolué vers une liaison fibre optique monomode permettant une augmentation de débit de 100 Mbits/s à 1 Gbits/s.





Le réseau local du LPSC est segmenté en plusieurs réseaux logiques basés sur la technique des VLAN(s) Virtual Local Area Network. Aujourd'hui ces VLAN(s) sont au nombre de 7: VLAN LPSC (permettant un plein accès aux permanents), VLAN Visiteurs (accès restreint pour les visiteurs, conférenciers, étudiants, stagiaires...), VLAN Wi-Fi (connexion au réseau sans fil pour les visiteurs via un écran captif), VLAN Grille de calcul, VLAN données, VLAN Acquisition de données et VLAN Formation. Ces réseaux sont séparés par un firewall. L'attribution du VLAN est automatique au moment de la connexion d'une machine au réseau grâce à un serveur VMPS.

L'infrastructure du réseau sans fil a évolué pour atteindre

un total de 12 bornes permettant la connexion des portables des permanents et des visiteurs. L'association au VLAN LPSC est protégée par une clé WPA. Pour les visiteurs un système de contrôle d'accès au Wi-Fi a été déployé basé sur un écran captif demandant une validation par courrier électronique au correspondant du laboratoire.

## Développement et exploitation de systèmes informatisés au bénéfice des expériences de physique

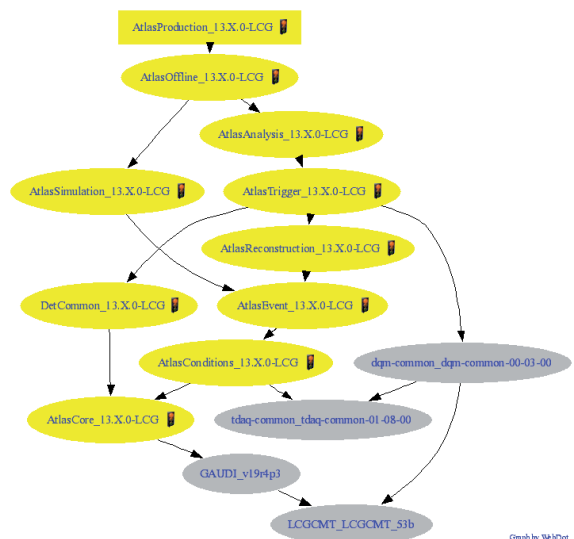
### Expérience ATLAS

Trois ingénieurs du service Informatique sont impliqués dans les développements logiciels au bénéfice de l'expérience ATLAS. Le service a la responsabilité de deux applications qui ont un rôle de premier plan pour la collaboration: Tag Collector utilisé pour le management du code de la collaboration et AMI (ATLAS Metadata Interface) utilisé pour fournir un accès générique aux métadonnées de l'expérience. Les fonctions de ces deux logiciels sont décrites dans la section ATLAS du présent rapport.

**Tag Collector** [1] est développé dans le cadre du groupe ATLAS Software Infrastructure.

Pendant la période 2006-2007 le développement majeur de Tag Collector a concerné l'introduction des « project releases ». En effet la taille croissante du logiciel d'ATLAS a induit le management de découpage des « builds » en sous ensembles qui peuvent être générés de manière indépendante et parallèle. Des règles d'appartenance ainsi qu'une hiérarchie de dépendances ont été établies. Tag Collector renforce les règles et vérifie que les dépendances sont respectées.

La figure ci-dessous montre l'arbre de dépendance des releases de projets.



1 Emil Obreshkov et al. Organization and Management of ATLAS Software Releases. To be published in Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A. NIMA-D-0600734

À la demande du management d'ATLAS, un mécanisme par lequel les responsables de groupes de packages peuvent donner leur accord pour l'inclusion d'une nouvelle version dans un release donné, a été introduit.

Le travail fourni pour Tag Collector est comptabilisé dans la contribution de l'IN2P3 au budget d'ATLAS.

AMI [2,3] est un projet du service informatique du laboratoire depuis 2001. Il s'agit d'une application de catalogue générique pour l'accès à des bases de données. Des catalogues de structures différentes peuvent être interrogés simultanément, en exploitant une auto description de chaque structure, couplée à des requêtes multi-threaded.

Depuis le choix d'AMI comme le catalogue de sélection de datasets officiel d'ATLAS, nous nous préparons pour l'arrivée des données DAQ dès le démarrage de l'accélérateur LHC. Pour cela nous avons décidé de migrer les catalogues MySQL de Grenoble vers une base ORACLE hébergée au CCIN2P3. L'application bénéficiera ainsi d'un support que seul un grand centre de calcul peut offrir. Dans l'avenir cela permettra de profiter du mécanisme de réplication des bases de données ORACLE du Centre de Calcul vers le CERN.

La figure suivante montre l'interface qui permet à l'utilisateur de construire sa propre requête SQL par introspection du schéma du catalogue.

The screenshot displays the AMI interface for building SQL queries. At the top, a SQL query is shown: `SELECT dataset.logicalDatasetName, dataset.prodsysStatus, dataset.transformationPackage, dataset.dataType, dataset.amiStatus WHERE`. Below this, a tree diagram shows the logical structure of the query, with nodes for `AND` and `dataset.prodsysStatus = 'EVENTS_AVAILABLE'`, `files.LPN LIKE '%_00030%'`, `dataset.logicalDatasetName LIKE '%recon%'`, `dataset.transformationPackage >= '12.0.6.4'`, and `dataset.dataType = 'AOD'`. The interface includes a toolbar with `AND`, `OR`, `Add node`, and `Remove node` buttons. Below the toolbar, the current query is displayed: `dataset.transformationPackage >= '12.0.6.4'`. On the left, a schema diagram shows the `dataset` table and its relationships to other tables like `physics_group`, `dataset_physics_properties`, `dataset_extra`, `dataset_keywords`, `dataset_added_comment`, `files`, and `event_range`. On the right, a 'Choose a field' dropdown menu is open, listing various fields from the database schema.

AMI a été utilisé pour la validation du prototype pour la constitution des datasets et leur distribution vers les sites Tier 1 d'ATLAS. Il a été démontré qu'il est possible de maintenir un taux d'insertion assez élevé pour pouvoir cataloguer non seulement des datasets mais aussi les fichiers qui les constituent. En effet, bien que l'architecture de gestion de données n'ait pas initialement prévu la possibilité pour les physiciens de voir les détails des fichiers, en décembre 2006 cette fonction a été demandée afin de mieux prendre en compte les blocs de luminosité dans chaque run.

La période 2006-2007 a vu nombre d'améliorations dans l'interface de recherche d'AMI.

Plusieurs tutoriaux sur AMI ont été donnés par les membres du service informatique aux différents groupes d'utilisateurs, et un tutorial complet est disponible en ligne.

2 <http://ami.in2p3.fr> (Home page pour AMI)

3 Présentation à l'International Conference on Computing in High Energy Physics Septembre 2007, Victoria B.C. Canada ; à paraître dans le *Journal of Physics: Conference Series* (JPCS)

## Planck

Le LPSC est impliqué dans l'étude et de la réalisation de l'électronique et de l'informatique nécessaires au pilotage de la machine cryogénique à 20 K, nommée Sorption Cooler, développée par la NASA au Jet Propulsion Laboratory.

Le service informatique a continué son implication dans l'analyse RTA (Real Time Analysis) du Sorption Cooler. Ces deux années ont été consacrées à la maintenance et à l'évolution de la MIB (Mission Information Base), base de données qui décrit les télémetries et télécommandes échangées entre l'électronique du Sorption Cooler et la station terrestre.

Les tests de cette MIB sont d'abord effectués au LPSC, grâce à l'installation d'un EGSE (Electrical Ground System Equipment) SCOS2000 et d'une chaîne d'intégration. De nombreux autres tests ont également été effectués à Alcatel Space Cannes, à l'ESOC et au CSL Liège. Le service, présent lors de ces tests, a un rôle très important d'interface avec ces différents interlocuteurs.

En 2007, le service informatique a également pris en charge l'analyse QLA (Quick Look Analysis) des données du sorption cooler de Planck.

Le service a en charge le développement de l'informatique embarquée dans le satellite devant piloter le Sorption Cooler et communiquer avec le sol par la réception de télécommandes et l'émission de télémetries. Cette informatique a été testée plusieurs fois sur site au Jet Propulsion Laboratory, à Alcatel Space et à l'ESA. Le service informatique devra assurer le support et la maintenance de cette application durant toute la durée de la mission.

## SPIRAL 2

Développement de la partie informatique d'un banc de pilotage pour les coupleurs de puissances. Les coupleurs de puissances doivent transmettre la puissance issue d'un amplificateur Radio Fréquence aux cavités supraconductrices de l'accélérateur SPIRAL 2. L'informatique s'interface avec des appareils de mesures, le générateur radio fréquence et une carte d'acquisition de données afin de permettre le pilotage du coupleur tout en assurant la sécurité de l'ensemble du dispositif. Le service a en charge la maintenance de cette application.

## ALICE

Le service a en charge le développement d'une chaîne informatique de pilotage du *Pixel Trigger* réalisé par l'équipe DAQ d'ALICE au CERN. Cette chaîne informatique est constituée :

- D'une partie serveur sous Linux qui communique avec l'électronique, une base de données Oracle et avec le Client par TCP/IP.
- D'une partie client écrite sous PVSS (Windows) qui permet d'afficher une interface utilisateur et de dialoguer avec le serveur par TCP/IP.

## AUGER

Le service est impliqué dans la conception et le développement du site web de monitoring online d'Auger. Il a en particulier pris en charge sa section « Authentification et Autorisation ». Ce travail a été présenté au workshop d'AUGER Monitoring, en mars 2007.

## CODALEMA

Le service informatique a mis en place un système de pilotage à distance et de réplique des données du système d'acquisition implanté sur le site de Nançay pour l'expérience CODALEMA (Détection des Rayons Cosmiques par Ondes Radio).

Le service a aussi en charge le développement d'une informatique embarquée du tiroir de multiplicité réalisée par le service électronique du laboratoire, ainsi que du software Windows de contrôle de la carte et d'acquisition des données.

## nEDM

nEDM est une expérience de mesure du moment électrique dipolaire du neutron, en développement à l'ILL. Le service informatique a pour charge le développement d'un driver de la carte de contrôle commandée développée au laboratoire ainsi que du logiciel Windows/Linux de contrôle/commande et d'acquisition de données. Ce système doit être opérationnel fin 2007.

## GENEPI3

Il s'agit de la troisième génération d'un accélérateur générant un faisceau de neutrons pour l'étude du pilotage d'un réacteur nucléaire. Le développement de la partie accélérateur de l'expérience est pris en charge

par divers services du LPSC. Le choix d'une architecture hardware adaptée aux contraintes (isolation très haute tension, fort bruit électromagnétique, fiabilité élevée...) ainsi que le développement d'un système Linux embarqué adapté aux nouvelles contraintes de mesures ont commencé courant 2007 au service informatique.

## Autres développements

### Réservation PHPMyRESA

L'année 2007 a vu le développement de la version 4.0, facilitant l'installation et la configuration du logiciel. Ce projet a été effectué en collaboration avec le Centre de Calcul et le LPNHE et est désormais un exemple de projet collaboratif à l'IN2P3. Il est diffusé sous licence GPL et est très largement diffusé au-delà de l'IN2P3 comme le montre le nombre de téléchargements effectués (plus de 600 à ce jour).

Il a été présenté aux journées informatiques de l'IN2P3, dans la session « Production de logiciels ».

LPSC Grenoble

langue : français

### RESERVATION LPSC IN2P3

Pour réserver :

1. Choisir le ou les objets à réserver
2. Puis le mois et éventuellement l'année
3. Enfin cliquer sur le jour désiré (**premier jour** pour une réservation périodique ou continue)

SALLE	janvier	2008
Grand amphi	L	M M J V S D
Petite salle du conseil		1 2 3 4 5 6
Grande salle du conseil		7 8 9 10 11 12 13
Salle 9		14 15 16 17 18 19 20
Cafeteria		21 22 23 24 25 26 27
Bocal SARA		28 29 30 31
VEHICULE		
306 38E-3819A		
Espace 38E-3976A		

5 places

Rechercher une réservation où :

le titre ▼ contient ▼  OK

Le champ ci dessus vide permet de voir toutes les réservations.

Planning - iCal - Aujourd'hui - Demain - Tutoriel - Aide?

powered by IN2P3  
Logiciel disponible sous licence GNU

### Extra

Le service informatique du LPSC est à l'origine du développement du logiciel de surveillance réseau Extra. Depuis 2006 Extra est déployé dans tous les laboratoires de l'IN2P3. Le laboratoire participe avec le Centre de Calcul et l'IPNL à la maintenance et à l'évolution de ce logiciel.

## Autres activités impliquant les membres du service informatique

### Activités de Formation

#### CVS/SVN

La formation CVS a été diffusée à plusieurs reprises dans le cadre de la formation permanente du CNRS.

Pendant ces deux dernières années deux formations pratiques à SVN ont été organisées par le service dans le cadre du laboratoire.

#### « Parlez-vous réseau ? » Université Joseph Fourier

Intervention dans la session 2006 et 2007 de l'école « Parlez-vous réseau ? » organisée par la mission ressources humaines de l'Université Joseph Fourier.

#### Mission Sécurité Informatique IN2P3

Bernard Bouterin a été chargé de mission Sécurité Informatique auprès de la direction de l'IN2P3 jusqu'à fin 2007.

Pendant la période 2006-2007 des journées sécurité IN2P3 ont été organisées à deux reprises :

- Sessions Sécurité à Valpré dans le cadre des Journées Informatiques IN2P3 du 18 au 21 septembre 2006.
- Journées Sécurité à Nantes les 3 et 4 octobre 2007.

Une école sur la sécurité informatique a été organisée pour l'école supérieure de technologie d'Oujda du 22 au 26 janvier 2007.

#### Encadrement de stagiaires

Pendant la période 2006-2007 le service informatique a accueilli 5 stagiaires.

#### Divers

Le service informatique a été impliqué dans le comité d'organisation et le comité de programme des Journées Informatiques IN2P3.

Il a également contribué au groupe de travail « traitement de données et grilles de calcul » pour le colloque IT de juin 2007.

## Services généraux

*Patrick Roisin, Denis Chapeau, Entreprises extérieures*

La vétusté des bâtiments impose une surveillance continue des infrastructures et des différents réseaux, pour ce faire l'externalisation est indispensable. Néanmoins, dans la mesure de nos moyens, certaines réalisations sont faites avec nos compétences.

### Travaux réalisés

#### Infrastructure

- Aménagement de l'accès en machinerie de l'ascenseur.
- Réhabilitation des ateliers valorisation et mécanique (sols, murs, plafonds, distribution).
- Agrandissement d'une partie du magasin d'électronique.
- Mise en place de 35 châssis de fenêtres en rénovation.
- Agrandissement de la salle blanche, suivant les mêmes contraintes classe 1000 (ISO6), pour les coupleurs RF du projet SPIRAL 2
- Réhabilitation du bâtiment 4A pour accueillir l'équipe Plasmas-Matériaux-Nanostructures.
- Cheminement et mise en place d'un local extérieur pour les bouteilles de gaz.
- Mise en place d'une convention des travaux pour le passage du chauffage urbain sur notre site.
- 500 m<sup>2</sup> de renouvellement peinture.
- 500 m<sup>2</sup> de faux plafonds refaits.
- Réparation de l'étanchéité de la casquette de l'entrée principale.
- Pose de 50 stores vénitiens et « screens ».
- Agrandissement de la salle de réunion au bâtiment 9.
- Remodelage des surfaces de la CAO électronique.
- Préparation de la réception de l'expérience GUINEVERE (photo 1).



*Photo 1 : Perçage de la dalle de l'expérience GUINEVERE.*

#### Électricité

- Mise en conformité des ascenseurs en prévision de l'entrée en vigueur du décret.
- « re câblage » intégral de l'atelier de valorisation et de celui de la mécanique (photo 2).
- Mise en place d'un extracteur d'ozone pour les tests de la société RC lux.
- « Relampage » et changement des équipements défectueux sur les 4 niveaux du bâtiment principal.
- Descriptif exhaustif de la distribution électrique du laboratoire en prévision du changement de nos transformateurs (10) et du passage de 15 kV en 20 kV.
- Définition des nouveaux besoins pour la mise en conformité d'armoires électriques.
- Préparation du réseau électrique de l'expérience ALICE.
- Préparation du réseau électrique de GENEPI3.

#### Plomberie

- Remplacement de 40 m de tuyaux d'écoulement.
- Mise en place d'un réseau d'eau industrielle dans le bâtiment 9.
- Ajout d'une climatisation à air en salle informatique.
- Pose de sous compteurs d'eau.
- Changement de la vanne d'arrêt d'eau industrielle du bâtiment 6.

#### Chauffage

- Abandon du chauffage par CTA au bâtiment 9 et raccordement au chauffage central.
- Mise en place du circuit de chauffage de GENEPI.



*Photo 2 : Recâblage de l'atelier de valorisation.*



# Service Sécurité & Radioprotection

*William Regairaz*

*This service ensures the management of safety and health at work, and the protection of the Environment.  
Its purpose is to reduce the hazards, thanks to technical and human arrangements.*

## Actions particulières menées au cours de la période 2006-2007

### Dispositions organisationnelles

Un deuxième ACMO (Agent Chargé de la Mise en Œuvre des règles d'hygiène et de sécurité) a été nommé au LPSC, après qu'il ait suivi une formation appropriée. Cet agent assiste l'Ingénieur sécurité du laboratoire, dont l'activité consiste à mettre en place les dispositions techniques, organisationnelles et humaines, nécessaires pour protéger les agents à l'occasion de leur travail. Par ailleurs, il gère des aspects administratifs liés à la détention de produits radioactifs, de matières nucléaires, et à la mise en œuvre d'accélérateurs.

En application du décret n°2001-1016 du 5 novembre 2001, l'évaluation des risques dans le laboratoire est effectuée chaque année, avec les chefs de services et de groupes, pour constituer un « document unique ». Ce document dresse la liste des risques et des actions correctives existantes, ainsi que celles restant à mettre en œuvre. Il sert de référence pour l'établissement des priorités de financement pour la sécurité dans les services.

L'interdiction de fumer à l'intérieur des bâtiments a été mise en place et est effective depuis le 1<sup>er</sup> février 2007, en application d'un décret du 15 novembre 2006.

Le Comité Hygiène et Sécurité a été renouvelé en janvier 2007, à l'occasion du changement de Directeur. Celui-ci a souhaité dynamiser son fonctionnement en créant la « cellule CHS », composée des membres LPSC du CHS. Plusieurs réunions ont déjà eu lieu, notamment pour assurer une formation à ces nouveaux membres, et pour faciliter l'application du décret concernant les fumeurs.

### Formations

Les besoins en formation sont définis au moment de l'accueil des nouveaux agents, ou sont exprimés par les chefs de service concernés. Il s'agit pour la plupart de formations devant permettre l'attribution d'habilitations : électriques, pontiers et caristes. Les autres formations tout aussi obligatoires, sont le maniement d'extincteurs, la formation de secouristes du travail, et d'autres liées à certaines autres activités : risque laser, risque chimique, etc.

## Reprise des travaux de mise en sécurité électrique

Un organisme de contrôle effectue chaque année une vérification de la conformité de la distribution électrique. À cette occasion, l'inventaire des tâches de mise en sécurité est actualisé. Sont alors définies les actions prioritaires à mener pour protéger les utilisateurs des contacts directs et indirects. Si un grand nombre de ces actions correctives peuvent être assurées par les services généraux du laboratoire, d'autres nécessitent l'intervention d'entreprises spécialisées. Des travaux financés en 2007 par l'Université Joseph Fourier ont permis de corriger des défauts de terre, de remplacer des disjoncteurs présentant des pièces nues sous tension, de terminer le remplacement d'interrupteurs, de reprendre entièrement certains coffrets et d'installer des disjoncteurs différentiels.

## Service administratif et financier

*Christine Cholat, Chantal Blanc-Gonnet, Anne-Marie Guglielmini, Pierre König, Yvette Langellier, Cécile Martin, Chantal Mazzola, Françoise Petiot, Brigitte Roisin, Antoine Vandermeersch, Anic Vey*

Le service administratif et financier est composé de 9 personnes sous divers statuts (Titulaires et CDD, IATOS de l'université Joseph Fourier et ITA du CNRS). Il participe, comme les autres services techniques, au soutien des activités scientifiques du laboratoire.

Au-delà des actes de gestion courante, ce service assure de manière permanente, tant un rôle d'interface avec les trois établissements gestionnaires (CNRS, UJF et INPG), que d'assistance et de conseil aux agents, chefs de groupe, et chefs de service de l'unité.

Quelques chiffres :

- 1 gestionnaire « Personnel » pour 200 personnels titulaires et non titulaires des trois Établissements de tutelle gérés en permanence par le laboratoire, et 60 stagiaires/an dont le tiers environ bénéficie d'une gratification.
- 4 gestionnaires « Finance » pour une moyenne de 3700 commandes/an et de 4000 factures/an : le nombre de commandes est relativement stable mais le volume des factures traitées par les 4 gestionnaires est en constante augmentation (de 3815 en 2003 à 4250 en 2006). Il s'agit là d'une tendance « lourde » qui se confirme en 2007.

Cette tendance ne s'inversera probablement pas si l'on tient compte de la constante augmentation du nombre de contrats gérés par l'unité : 5 contrats européens, 7 contrats ANR en 2007, 11 en 2008...

Depuis 2002, le service financier a absorbé : le passage à l'euro, l'augmentation des volumes traités, les changements du Code des Marchés Publics, le changement et/ou la suppression de certains codes de gestion.

Au cours des deux dernières années, ce sont :

- Le transfert de gestion IN2P3/DR.
- La mise en place de la gestion « projet » et du logiciel ISIS.
- Le changement de logiciel GCF/BFC.
- La mise en œuvre des nouveaux logiciels de réservation des bons de transport et d'hébergement.
- Le départ inopiné de l'Adjointe du Responsable administratif, remplacée après 6 mois de vacance du poste qu'il a fallu assumer sans rompre la qualité du service rendu aux différents usagers.

La charge de travail incombant au service est de plus en plus lourde et de plus en plus complexe :

- Multiplicité des logiciels utilisés (Xlab/Bfc, Nabuco, Labintel, Amadeus, Centrale des salles, Isis...).
- Multiplicité des exigences des instances décisionnaires (Département scientifique IN2P3, Délégation régionale du CNRS, Universités) générant un catalogue de procédures différenciées selon les établissements.

Le service du personnel, quant à lui, a vu également sa charge de travail augmenter du fait de dispositifs particuliers tels que le Compte Epargne Temps, mais également en raison de l'accroissement du nombre de personnels en CDD et de stagiaires accueillis au sein de l'unité.

Désormais, force est de constater que les laboratoires de recherche sont plus que jamais au cœur du dispositif de recherche. Le service administratif et financier, lui-même au cœur de l'activité du laboratoire, est par conséquent fortement sollicité. Les attentes à son égard sont multiples quantitativement et qualitativement. Il convient de noter en outre, que le nouveau système d'information du CNRS est venu renforcer cette tendance.

Alors... Et demain ?

Dans ce contexte d'extrême sollicitation du service, il est indispensable, plus encore qu'avant, d'accorder toute l'attention nécessaire à la gestion prévisionnelle des ressources humaines qui permettent de sauvegarder la qualité du service rendu.

Le pyramidage hiérarchique du service, comme cela a été démontré lors du Colloque IN2P3 « ITA 2007 », est indispensable pour sécuriser le traitement des dossiers nécessitant une expertise particulière et assurer le pilotage ininterrompu du service.

Il faut noter que les volumes traités sont en augmentation constante et le nouveau logiciel de gestion du CNRS est extrêmement exigeant et très chronophage. Aussi, il est indispensable de mettre un plan de recrutement en œuvre, dès cette année, pour pallier les départs à la retraite de plusieurs agents du service en 2009-2010.

Les deux dernières années ont marqué un tournant du positionnement des services administratifs et financiers dans les laboratoires de recherche, et le LPSC ne fait pas exception.

En adaptant sans cesse leurs méthodes de travail et en mutualisant leur force de travail avec beaucoup d'abnégation, les gestionnaires de l'unité ont démontré leur aptitude à faire face au changement et leur volontarisme en la matière. Il n'en reste pas moins que l'énergie et l'inventivité dont l'ensemble des gestionnaires a fait preuve au cours des mois qui viennent de s'écouler a désormais trouvé ses limites. Les recrutements des années à venir seront par conséquent déterminants pour assurer le maintien de l'efficacité de ce service.

# Ressources humaines

Au 1<sup>er</sup> janvier 2008, le LPSC compte 213 personnes dont 156 permanents et 57 non permanents (8 CDD, 32 thésitifs, 12 collaborateurs bénévoles, 2 post-docs, 2 ATER).

Même si l'effectif semble avoir augmenté d'une dizaine de personnes, le nombre de permanents a baissé. C'est donc le nombre de contractuels et de thésitifs qui accroît l'effectif ; 7 chercheurs sont partis en retraite et un en détachement en 2006-2007.

chercheurs croît légèrement depuis quatre ans, avec trois chercheurs supplémentaires depuis deux ans, mais remarquons aussi que cinq de ces chercheurs sont contractuels (CDD et Post-Docs).

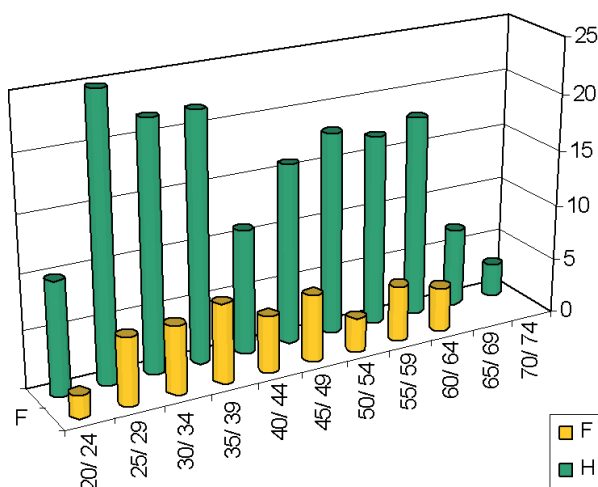
On observe une légère augmentation des enseignants chercheurs (PU et MC confondus), avec 13 professeurs d'université contre 10 en 2006, et 12 maîtres de conférences contre 11 en 2006.

	DR		CR		PU		MC		IR		IE		AI		T		AST		PostD ATER		Thésitifs		Collab. bénévoles		Totaux	
	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F		
CNRS/IN2P3	10		14	13					19	3	15	5	10		24	10			1					12		136
UJF					10	1	8				1				2		2	1	1		18	7			50	
INPG					2		3	1							1				1						8	
Autre									1										1	6	1				9	
Contractuels			3						2	1	1		1		1										9	
<b>Totaux</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>213</b>	
	<b>10</b>		<b>30</b>		<b>13</b>		<b>12</b>		<b>26</b>		<b>22</b>		<b>11</b>		<b>38</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>32</b>		<b>12</b>			

L'âge moyen des personnels permanents du LPSC est de 42 ans et 8 mois, 4 ans plus jeune qu'au 1<sup>er</sup> janvier 2006, avec un écart de moyenne d'âge entre la population féminine et masculine qui s'est sensiblement réduit ; respectivement 42 ans, et 43 ans et 6 mois.

La population du laboratoire est composée de 20,4 % de femmes.

Et on observe que 16 % de la population féminine, contre 21 % pour les hommes, ont moins de 30 ans, ainsi que 16,5 % des hommes et 9,5 % des femmes ont plus de 60 ans.



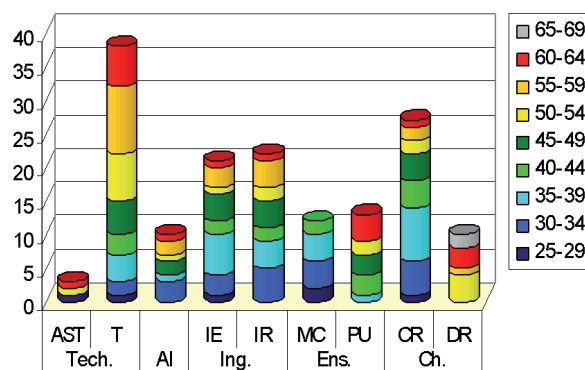
Répartition du personnel en fonction de l'âge et du sexe.

En 2007, cinq titulaires sont entrés au laboratoire : deux CR, un IR, un T et un MC ; un AI a démissionné. Deux détachements sont en cours. L'effectif des

L'effectif des ITA continue quant à lui de régresser : 91,1 ETP (dont 5 ETP contractuels) au 31 décembre 2007 contre 94,6 ETP en 2006. Diminution s'expliquant par 4 départs en 2007 (retraite, disponibilités, démission) et 7 en 2006.

Il y a cinq ITA en CDD contre trois en 2006.

Avec un rapport IT/chercheurs de 1,1 et une répartition des personnels techniques largement en faveur de la BAP C, la forte technicité du LPSC résulte de l'important effort de restructuration consenti au cours des dernières années.



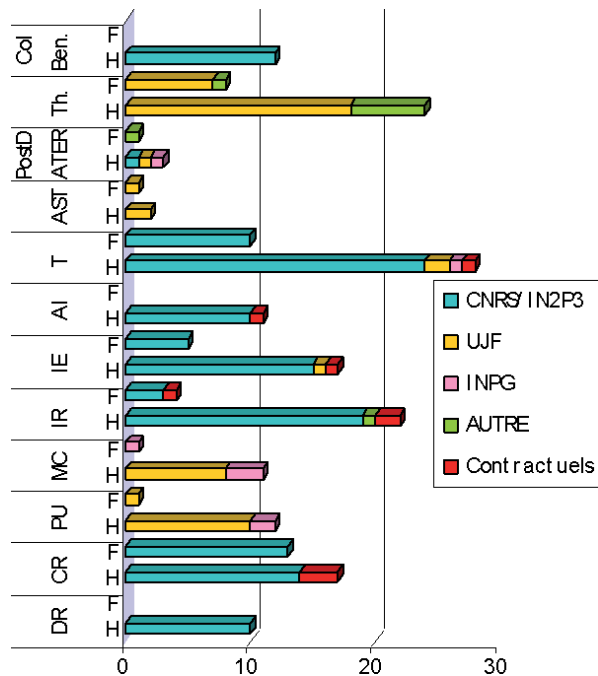
Répartition par corps et par âge des permanents.

On peut observer un accroissement significatif du nombre d'étudiants en thèse : 32 au 31 décembre 2007, contre 21 un an plus tôt.

124 stages étudiants (Master, IUT...) se sont déroulés dans l'unité en 2006/2007.



Doctorants	2004	2005	2006	2007
Début de thèse	1	8	10	13
Soutenance de thèse	7	7	5	4



Répartition du personnel par corps, sexe et appartenance.

## Formation permanente

229 actions de formation représentant 733 jours de formation.

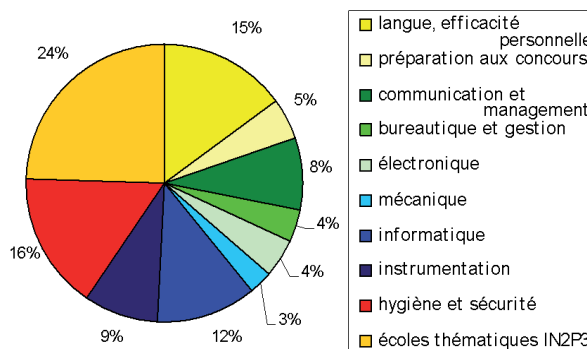
Le nombre total d'agents qui ont suivi au moins une action de formation s'élève à 99 avec :

- 46 agents ayant suivi une seule action de formation.
- 18 agents ayant participé à 2 actions de formation.
- 16 agents ayant participé à 3 actions de formation.
- 19 agents ayant participé au moins à 4 actions de formation.

Le niveau de formation est resté important sur la période considérée.

La participation aux stages pris en charge par la DR11 reste à un niveau élevé.

La participation aux écoles thématiques et stages IN2P3 a augmenté de plus de 50 % par rapport à 2005, bien qu'on observe une plus forte fréquentation des écoles thématiques sur 2006.



Thématique des formations 2006-2007.

