

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 en 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 m³ 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 :

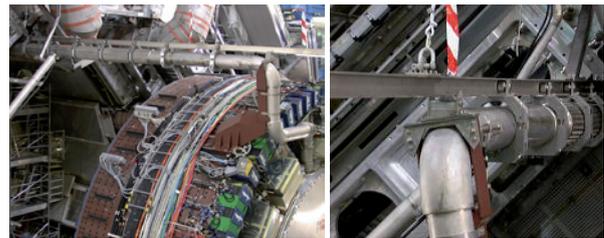
- Design, fabrication et livraison au CERN de tous les équipements intégrant ce sous-système pour les 3 calorimètres argon liquide d'ATLAS (83 m³ d'argon liquide à 87 K) : boîtes à vannes / vases d'expansion / lignes cryogéniques rigides et flexible / systèmes de guidage / structures.
- Système de vide 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).

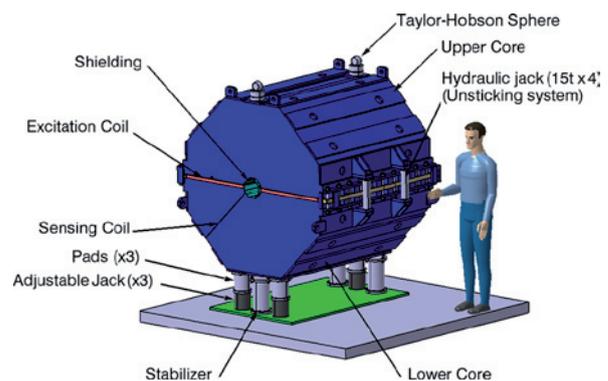


Figure 3 : Schéma du bêta-tron CNAO.

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 bêtatron (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 bêtatron ; 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 bêtatron 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.

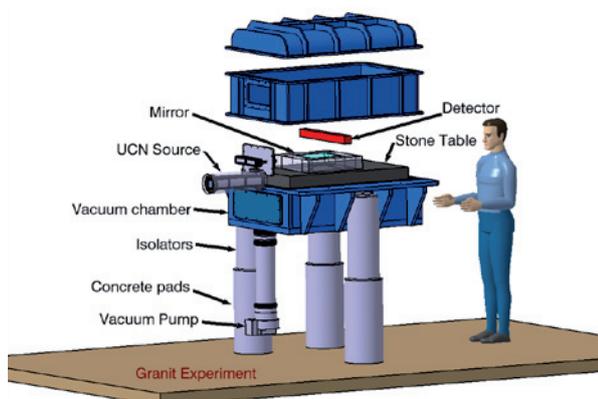


Figure 4 : Schéma du spectromètre GRANIT.

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 (GEnérateur 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.

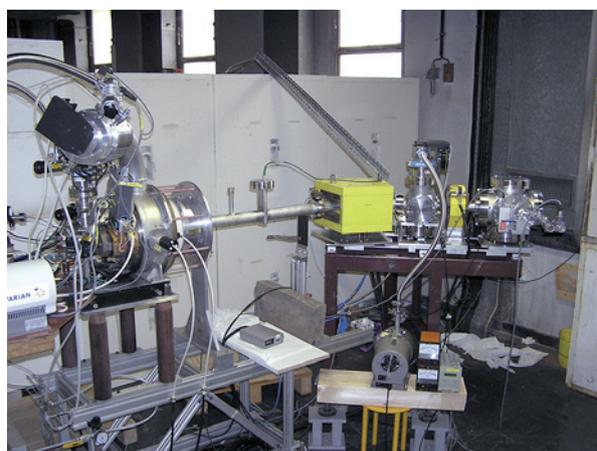


Figure 5 : GUINEVERE – Banc test.

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.

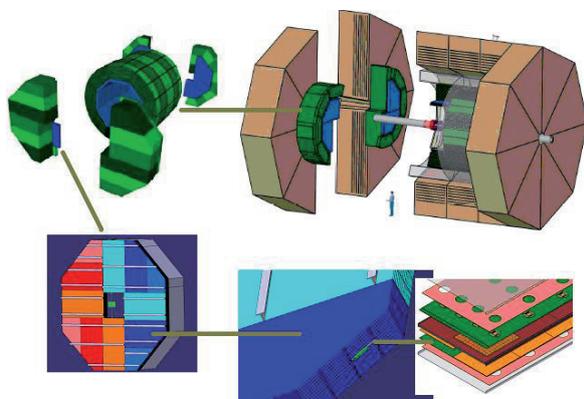


Figure 6: CALICE – En haut à droite: le concept LDC. À Gauche, calorimètres, en vert: hadroniques, en bleu: électromagnétiques. En bas, à gauche: un bouchon du calorimètre EM, composé de 12 modules de 3 types différents. Au centre, la tranche d'un des modules, avec un slab représenté. À droite, un slab 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.

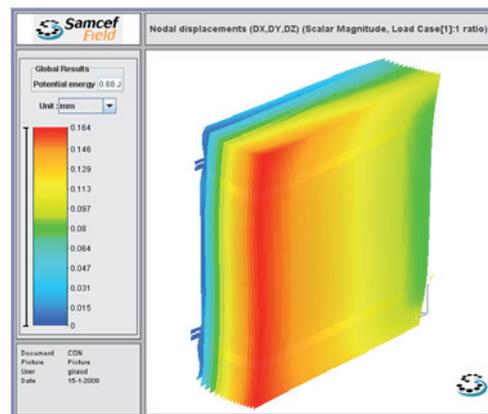


Figure 7: CALICE – Déformation d'un module End-cap.

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.

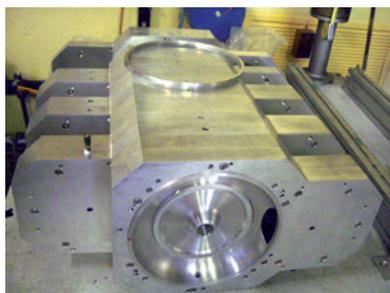


Figure 10: HIPPI – 10 cavités résonnantes réalisées en aluminium.

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 ^3He puis 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 SPIRAL2. 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.

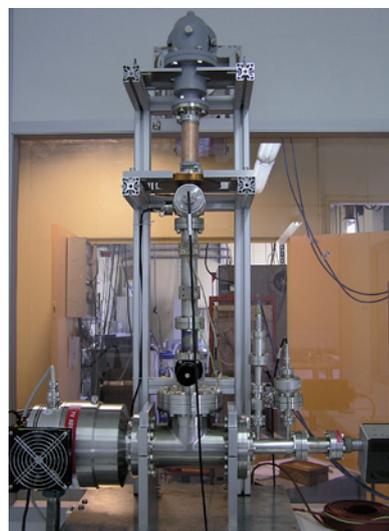


Figure 11: SPIRAL 2 – Banc de tests installé dans la nouvelle salle propre.

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 SPIRAL2, 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 SPIRAL2 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 hexapôle 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.

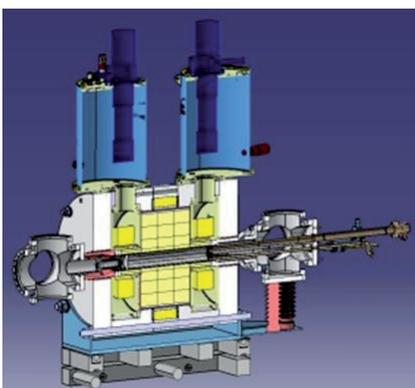


Figure 12 : Détails de la conception finale CAO d'A-PHOENIX.

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.

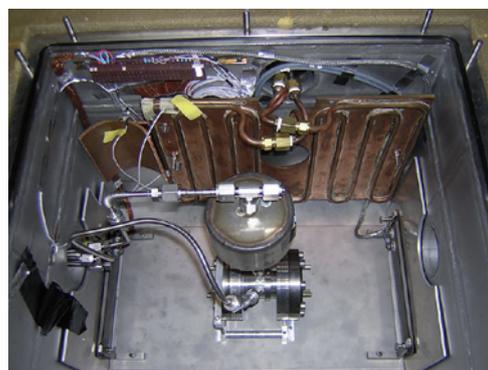


Figure 18 : Cryostat du tomographe.

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.

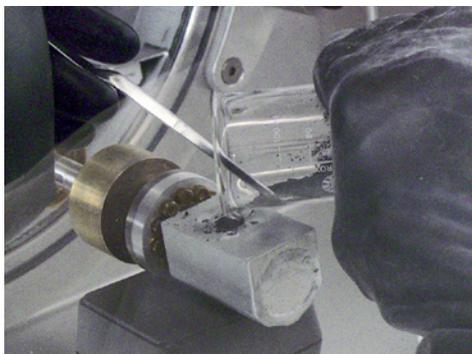


Figure 19: Replissage de l'enceinte catalyse en boîte à gants.

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 belle 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...

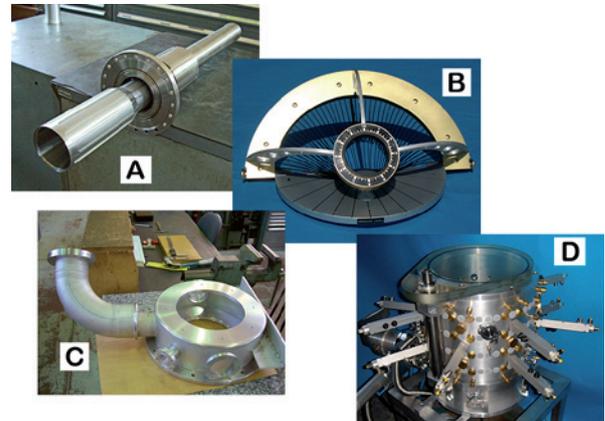


Figure 20

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.