

## 8.5 Service Études et Réalisation Mécaniques

### *Membres permanents du service*

*P. Boge, D. Bondoux, Y. Carcagno, N. Emeriaud, D. Fombaron, C. Fourel, C. Geraci, J. Giraud, D. Grondin, M. Legrand, J. Menu, D. Morotti, Y. Odièvre, E. Perbet, S. Roni, S. Roudier, F. Vezzu, L. Vivargent.*

### *Membres non permanents du service*

*T. Bringout, N. Drop, C. Le Tulle, H. Lucas Henriques, S. Latil (CDD)*

*Abstract: The Mechanics Department (SERM) is in charge of the 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. The SERM has been involved in all the projects listed below.*

### 8.5.1 Missions et organisation

Le Service Études et Réalisations Mécaniques (SERM) assure les différentes phases de faisabilité, conception, réalisation, mise au point, et montage sur site d'ensembles mécaniques, cryogéniques et pour le vide, dans le cadre de projets propres au LPSC et de collaborations françaises, européennes et internationales.

Nos moyens permettent la réalisation d'ensembles de mécanique générale, de chaudronnerie, mais aussi d'instrumentation. Les membres du service mécanique assurent également la responsabilité ou la coordination technique de projets.

Le service mécanique dispose d'une grande expertise dans le domaine de la CAO et de la gestion de base de données techniques. Cela lui permet de jouer un rôle important de soutien auprès d'autres utilisateurs du laboratoire. Deux de ses membres sont fortement impliqués dans le projet de renouvellement des outils CAO à l'IN2P3.

Le service propose également aux autres laboratoires des prestations d'études et de calculs, de réalisation de pièces et ensembles mécaniques nécessitant l'utilisation de centres d'usinage à commande numérique.

Le service est constitué, fin 2018, de 16 agents :

Bureau d'études : 3IR, 1 IE, 3 AI ; Atelier : 2 AI, 4 T, 1 ATRF ; Montage & Contrôle : 1 AI, 1IE.

Le service assure l'accueil de stagiaires Lycée, DUT, BTS, écoles d'ingénieurs et Masters.

Le service est représenté dans plusieurs instances du laboratoire : CLHSCT, CPL (comité du personnel local), CRTP (comité de revue technique des projets). Il compte aussi le responsable des moyens CAO du laboratoire.

Le SERM assure régulièrement des formations SMARTEAM au sein de l'IN2P3.

### 8.5.2 Fiche de compétences et moyens matériels spécifiques

Les compétences du SERM se situent dans des activités de conception, réalisation, montage et métrologie, sur différentes technologies, dans les domaines suivants :

#### **Études, conception et calcul**

- Études et réalisations d'ensembles mécaniques de laboratoire et de grands instruments, pour les sources d'ions et les accélérateurs, intégrant des systèmes mécaniques complexes, des ensembles mécano-soudés, des installations hydrauliques, des systèmes de thermalisation...
- Techniques du vide primaire et secondaire ; modules de vide et cryogénie : chambres sous pression, mécanismes sous vide, basses températures, environnements spéciaux.
- Composites : pièces structurelles et structures légères en pré-imprégné carbone-époxy.
- Gestion de projets, coordination technique, assurance produit, documentation (coordination nationale IN2P3 de SMARTEAM), analyse des risques ; gestion complète de la sous-traitance.
- Mise en œuvre de systèmes d'acquisition de données (thermique, pression, température...).
- Simulation / calcul (RDM, calculs par éléments finis). Études thermiques, thermomécaniques...
- Mise en œuvre de systèmes automatisés, contrôle commande et interface homme-machine.
- CAO (CATIA) - Installations et support logiciel au LPSC.

Moyens spécifiques : logiciel CATIA V5-6 R2017 sur stations de travail CAO 64 bits ; SMARTEAM (gestion de documentation technique), EDMS et ATRIUM ; simulation/calcul : ANSYS V19.2.

### **Atelier Mécanique**

Prestations allant de la conception à la prise en charge de réalisations complexes, incluant la gestion de la sous-traitance. Moyens permettant la réalisation, le montage, le contrôle dimensionnel d'ensembles de mécanique générale ou mécano-soudés soudés et notamment de pièces de précision usinées en 3D.

Moyens spécifiques : un atelier mécanique (usinage traditionnel, CN avec liaisons CFAO, électroérosion à fil, contrôle dimensionnel avec bras 3D-6 axes-volume 2 m ; un atelier de chaudronnerie soudure. Une salle dédiée à l'impression 3D procédés DLP (Stéréolithographie - Résine photodurcissable) et FDM (fusion (extrusion) de fils plastiques éventuellement chargés).

### **Montage / assemblage / câblage / métrologie**

Le SERM assure le montage, l'assemblage et les tests d'expériences complètes sur site : montage de tuyauteries, câblage de sondes, vases d'expansion, boîtes à vannes, lignes cryogéniques ; gestion logistique et transport d'expériences ; assistance aux expériences sur site.

Moyens spécifiques : salle dédiée au montage mécanique, salle de nettoyage, salle de métrologie, salle « vide » et composites (2 étuves à vide). Pour les activités vide/cryogénie : systèmes d'analyse et de détection de fuite ; banc de pompage pour étalonnage jauges à vide primaire.

### **Formations**

- Le SERM organise plusieurs formations au laboratoire : en CAO / Calcul (SMARTEAM, calcul éléments finis), en usinage, et dans le domaine du vide (détection de fuites).
- Animation et coordination nationale IN2P3 du réseau calcul mécanique IN2P3 et support IN2P3 pour le logiciel ANSYS.
- Organisation de la journée Conception et Calculs (École IN2P3-2018) : Impression 3D métallique.
- Définition du programme et mise en place des écoles de calcul de l'IN2P3 (2017 et 2019).

## **8.5.3 Implications sur les projets scientifiques et techniques**

*Note : les projets scientifiques sont détaillés dans les activités des équipes de recherche.*

De 2016 à 2018, le SERM a été impliqué dans la majorité des projets techniques du LPSC, et chaque agent du service est impliqué dans un ou plusieurs projets, à différents stades, depuis les choix technologiques, la conception mécanique, le calcul, la réalisation (atelier ou suivi de prestataires), le montage sur site et la mise en route des expériences, jusqu'à la conception et la réalisation complète d'instruments.

Le service assure aussi la coordination technique pour 6 projets : AB-nCT (Cible Li liquide), FFFER, GRANIT, LSST (Chargeur de filtre), n2EDM (Mapper et Switch UCN), SWATH, ainsi que les coordinations mécaniques de 4 projets ALICE ITS, ILC-CALICE-AIDA2020, TraDeRa et NIKA.

### **Projet ALICE ITS**

- Conception et production du banc d'assemblage des staves du Middle Barrel pour la mise à jour du nouveau détecteur interne de trace "silicon tracking detector" (ITS) au CERN.
- Coordination technique du projet au LPSC et envoi à l'INFN Turin en juin 2017 du banc pour validation avant transfert sur site d'assemblage au LBNL.

### **ATLAS ITK Upgrade phase 2**

- Prototypes de longerons supports de modules détecteur inclinés pour la mise à jour du détecteur à Pixels d'ATLAS au CERN ; optimisation thermique et minimisation des masses.
- Prise en charge du lot des supports intermédiaires des demi-coques de l'Outer Barrel du détecteur ATLAS. Conception et réalisation des premiers prototypes d'éléments composites et développement d'une solution de fabrication rapide des moules par impression 3D résine.

### **Projet AB-NCT**

- Fabrication de l'ensemble coupelle de Faraday (2017) et de l'ensemble cible béryllium (2018)

- Simulations thermiques de la cible utilisée dans le banc de test pour la cible béryllium (2016).
- Calcul, conception de la maquette en eau pour la validation de l'écoulement de la cible lithium.

#### **Projet DAME-TraDeRa**

Conception et réalisation du boîtier de protection et de transport permettant l'utilisation d'un démonstrateur de profileur de faisceau à l'échelle 1 en radiothérapie conformationnelle au CHU de Grenoble directement testé et utilisable sous faisceau (2016). Ce grand boîtier (500mm x 600mm x 60mm) intègre le PCB 1600 voies, les connecteurs et 2 fenêtres composites (transparentes au faisceau).

#### **Projet EUCLID**

Simulations thermiques et fabrication de l'ensemble de l'enceinte à vide du cryostat de test (enceinte extérieure et écran thermique) dans laquelle sera placé un ensemble de détection IR pour la réalisation des essais de qualification CEM en mode rayonné des détecteurs d'EUCLID. Le corps du cryostat est constitué d'une cuve aluminium contenant l'échangeur à azote liquide et le coupleur thermique (2017).

#### **Projet FFFER**

Coordination technique du projet et exploitation de l'expérience au printemps 2017.  
Responsabilité de l'étude et de la fabrication du four et de la boucle à sels fondus fluorés pour l'étude du dégazage par bullage dans les réacteurs à sels fondus.

#### **Projet GENEPI2 Upgrade**

Modification de la cible tritium et de l'ensemble transformateur (2017).

#### **Projet GRANIT**

Responsabilité technique de la collaboration (source cryogénique + spectromètre + infrastructure salle blanche du spectromètre installé à l'Institut Laue Langevin) et membre du comité exécutif du projet. Plusieurs campagnes de mesure sur les "neutrons bondissants".

Amélioration des performances et fiabilisation du fonctionnement de la cryo-source : le volume UCN est stable à 0.68K. Production et transport des UCN fortement améliorée. Installation de l'ensemble optique complet du spectromètre.

#### **Projet ILC-CALICE**

- R&D - Conception des End-cap (2x25 t) du calorimètre électromagnétique à échantillonnage, silicium-tungstène : réalisation de grandes structures alvéolaires composites et de systèmes de refroidissement du détecteur (~83 millions de voies). Montage de l'outillage lourd de manutention et participation dans ILD au : Integration Technical Document et Dimension Definition Document / Silicon Tungsten electromagnetic calorimeter ECAL.
- AIDA2020 - coordination du WP14.5.2 - test de performance du système de thermalisation de l'électronique embarquée sur le démonstrateur EUDET. Construction du système de refroidissement sous-atmosphérique "leakless" (h=13m). Livrable D14.8: "Large Leak-Less System, Thermal Model" déposé en juin 2018.

#### **Projet KISS**

Coordination technique mécanique au LPSC de l'interféromètre Martin-Puplett qui sera installé sur le télescope Quijote situé au Teide Observatory (Tenerife-Espagne).

Réalisation des miroirs M1 et M2 de l'interféromètre Martin-Puplett ; montage et tests de différents éléments de celui-ci en 2018.

#### **Projet LSST-Chargeur de filtres**

Responsabilité technique de la fourniture d'un des sous-système et des outillages attenants du système changeur de filtres du télescope numérique très grand champ LSST (système permettant le chargement et le déchargement des filtres à l'intérieur de la caméra du télescope).

Construction d'un prototype échelle 1 permettant de tester les fonctions du Loader et son pilotage par le Filter Control System (FCS) afin de valider la réponse aux spécifications.

Conception avancée de l'armoire de stockage des filtres et du chariot de transport du Loader.

Supervision des tests de fonctionnement du prototype et des tests combinés au LPNHE (Paris) avec le carrousel de filtres et l'auto changeur.

#### **Projets NEWS - COMIMAC et source COMIC**

Fabrication - adaptation d'une ligne de Quenching (ligne de calibration composée d'une source COMIMAC + détecteur Micromegas), d'un ensemble de chambres de détection de 460x460mm et réalisation de Support\_Cible\_NEW\_0028\_A de NEWS-G (2017).

#### **Projet MYRRHA LEBT (Ligne Basse Énergie)**

Après la participation au montage et au commissioning de la ligne basse énergie de l'injecteur pour la future machine MYRRHA (ligne utilisée pour des expériences de caractérisation du faisceau de protons), participation au démontage de la ligne et au transfert sur le site du SCK (MOL-Belgique). Coordination technique mécanique du projet au LPSC jusqu'en septembre 2017.

Fabrication mécanique, suivi de sous-traitance, achats, réceptions usine et sur site

#### **Projet n2EDM**

Responsabilité technique du projet au LPSC (Switches et Mapper).

Switch UCN : Conception avancée des 2 switches 'Ultra Cold Neutron' motorisés pour le futur spectromètre qui sera installé auprès de la nouvelle source de neutrons ultra froids (UCN) à l'Institut Paul Scherrer en Suisse.

Mapper : Étude du Mapper permettant de réaliser la cartographie automatisée du champ magnétique à l'intérieur du blindage de l'expérience. Conception d'un prototype de chambre de polarisation pour le co-magnétomètre à mercure qui devra assurer la mesure du champ magnétique à l'intérieur du spectromètre.

#### **Projet Plasma SCHEME II**

Évolution annuelle de la source plasma SCHEME II+ (Source of exCited HydrogEn MolEcules), testée au synchrotron SOLEIL à Saclay.

#### **Projets des sources d'ions**

- TGIR SPIRAL2 Upgrade PHOENIX V3: conception et fabrication de la source (ensemble DC breaker, injection). Fabrication de l'ensemble four basse température version 2 (2018)
- Dipôle DI 3 (2017-2018) Modifications et suivi de réalisation afin d'installer au plus tôt le dipôle DI3 modifié sur le banc afin d'assurer une analyse de la production des faisceaux d'ions métalliques demandés par le GANIL
- METIS (2018) Conception et fabrication du Liner thermo-chauffé permettant l'étude de la ré-évaporation des atomes de calcium dans la source PHOENIX V3.
- BOOSTER 5 bobines (2017-2018) Conception et/ou Réalisation de l'ensemble DC Breaker 14.521 GHz 20 kV (2017) et l'ensemble outillage de montage de la chambre (2018). Chambre plasma 14GHz et nez d'injection ; ensemble alignement cible et ensemble Aimant 90 degrés (2018).
- Banc Fort Courant (2017-2018): Amélioration de la conception des émittancemètres refroidis du banc fort courant (dédié actuellement à PHOENIX-V3), fabrication (2017) et de l'ensemble du circuit de vide primaire (2018).
- DC breaker 18 GHz 60 kV SPIRAL2: Bride isolante DC breaker SPIRAL2 60 kV (2017)
- Sources compactes- Ligne Haute Intensité et source 5.8 GHz: Finalisation de la conception d'une lentille magnétique pour la ligne haute intensité. Fabrication d'une source Supercomic V2, de l'ensemble source 5.8 GHz\_V2 et de l'outillage pour le montage d'une structure magnétique à aimants permanents (2016). Fabrication de l'ensemble électrodes classiques (2017).
- BOOSTER SPES (INFN-LNL) : développement et fabrication d'une chambre à plasma en aluminium pour le LNL (Italie).
- EU NUPNET EMILIE - BOOSTER 14/18 GHz (2017) : R&D sur le confinement magnétique du booster de charge ECR. Finalisation d'une étude 3D.
- Faisceaux radioactifs - Charge Breeding :
- BOOSTER Grand Diamètre (2018): upgrade majeur du booster existant, et des caissons de vides amont et aval.
- BOOSTER de charge LPSC: fabrication (ensemble nez d'injection pour 14 et 18 GHz).
- Source Bobini (2016-2018) : Etude mécanique et fabrication (2017) d'un prototype de solénoïde refroidi à l'eau dont le système de refroidissement innovant, permet de réduire la consommation électrique de 10 à 20% par rapport aux solénoïdes à conducteurs creux classiques.
- SPIRAL2-SOURCE Q/A=1/3 PHOENIX V2 bis : modification de l'ensemble injection four (2017).
- MULTIFACTOR Conception et fabrication des passages étanches pour le banc de test multipactor-1GHz (2016)

et d'un système de mesure des positions des court-circuits (2018).

#### **Projet SWATH**

Coordination technique du projet au LPSC concernant la circulation de sels fondus et des échanges thermiques en parois (études sur la mesure de pression différentielle).

Etude (2016), réalisation, montage (2017) et exploitation (2018) de l'expérience SWATH.

### **8.5.4 Activités de R&D, Valorisation**

Les activités du SERM s'effectuent en fortes collaborations et autour de développements communs avec les autres services (pôle accélérateurs & sources d'ions), en partenariat étroit avec l'ILL, le LNCMI et des équipes d'autres organismes (CEA, CERN...).

Les activités de recherche et développement du Service Études et Réalisations Mécaniques sont toutes liées à des projets du laboratoire en dehors de 3D\_METAL. Elles se déclinent selon l'ensemble des 3 thématiques retenues par le réseau R&D mécanique IN2P3:

- Systèmes de refroidissement : grands détecteurs (ILC-CALICE (leakless)), conception de cibles liquides (projet AB-NCT), refroidissement de sources d'ions.
- R&D Matériaux (composites) : longues structures alvéolaires en carbone-époxy / W (bag molding) et pièces structurelles de haute résistance (thermo-compression) sur ILC-CALICE ; structures ultralégères composites pour détecteurs à pixels (ALICE ITS et ATLAS ITK).
- Intégration systèmes (mécatronique-automatisme) : SWATH, ILC et LSST chargeur de filtres.
- 3D\_METAL : participation à la prospective sur la fabrication additive pour les laboratoires de l'IN2P3. Test des licences du Logiciel ANSYS d'optimisation topologique et des licences de conception directe SPACECLAIM.

### **8.5.5 Faits marquants en 2016, 2017 et 2018**

Plusieurs faits marquants pour le SERM ont jalonné les activités au cours de ces trois années :

**Projet FFFER** : Exploitation de l'expérience au printemps 2017.

**Projet SWATH** : Exploitation de l'expérience pendant l'année 2018.

**Projet LSST**: Passage en MRR (Manufacturing Design Review) réussi.

**Projet GRANIT** : Amélioration très significative du fonctionnement de la cryo-source ayant permis des mesures sur des périodes longues.

#### **Mise à niveau des outils CAO et métrologie :**

- Évaluation du nouveau logiciel de CAO de Dassault Systèmes nommé 3D Experience Platform, en vue du remplacement de CATIA V5-6 R2017 et SMARTEAM. Coordination du groupe de travail.
- Le but de ce projet a été de vérifier si ce nouvel outil collaboratif pourrait être déployé au sein des laboratoires des différents Instituts du CNRS dans le cadre d'un renouvellement des outils de conception mécanique. L'évolution majeure qu'apporte cette plateforme est sa base de données récente et performante.
- Participation en 2017, au sein du groupe de travail IN2P3 ROC3, à l'écriture de l'appel d'offre (200 K€) et à l'analyse technique des offres pour la nouvelle base de données techniques attachée à 3D Experience Platform. Configuration de la base de données qui sera déployée dans les laboratoires de l'IN2P3 dès la fin d'année 2019 en remplacement de SMARTEAM.
- Nouvelle salle pour l'Impression 3D plastique avec 3 machines dédiées : Raise 2D (FDM), UNIZ (DLP), Micro-Delta (FDM).
- Fermeture de l'atelier ouvert aux agents extérieurs au SERM, remplacé par une salle blanche pour le projet ATLAS ITK et lancement du projet de réalisation d'une salle dédiée aux composites (50m<sup>2</sup>).
- Marché pour l'installation à l'atelier début 2019 d'une machine à Commande Numérique 5 axes.