

## 8.3 Service Détecteurs et Instrumentation

### **Membres permanents du service**

M. Chala, F. Collovati, R. Faure, O. Guillaudin, M. Heusch, S. Marcatili, J. Marpaud, M. Marton, M. Migliore, JF. Muraz, A. Richard, P. Stassi, C. Thomassé, O. Zimmermann.

*The Detectors and Instrumentation Department (SDI), is a team of engineers and technicians with different skills and experiences. The department has two missions:*

- *To construct detection and instrumentation systems for laboratory projects;*
- *To study and test new instrumentation and detection techniques.*

*The SDI has been involved in all the projects listed below, sometimes collaborating with other technical departments of the laboratory.*

### 8.3.1 Missions et organisation

La mission du SDI est d'apporter un soutien à la conception, la réalisation, et la mise en œuvre de montages instrumentaux pour les expériences du laboratoire. Il a en particulier pour vocation d'assurer une expertise technique dans le domaine des détecteurs à la base des expériences de physique subatomique et de cosmologie.

Le service a pour activités les études, les développements, les réalisations, les mises en œuvre et la maintenance d'ensembles instrumentaux comprenant :

- De la mécanique (études, réalisations et montages)
- Des détecteurs (études, simulations et caractérisations)
- Des contrôles et commandes ainsi que les dispositifs de sécurité
- Des systèmes d'acquisition embarquée

Dans le cadre de la Recherche & Développement, le service mène des études sur les nouvelles technologies dans le domaine de l'instrumentation en général :

- Détection (photodétection, radiodétection, détecteurs gazeux et semi-conducteurs)
- Matériaux (thermique, optique, mécanique)
- Contrôle/commandes et acquisition (embarqué, sans fil, etc.)

Enfin, le service intervient sur sites dans la plupart des cas pour apporter une assistance au fonctionnement des expériences :

- Assemblages, intégrations, tests et vérifications, caractérisations
- Installations d'instrumentation en milieux naturels

Chacune des personnes du service est impliquée dans un ou plusieurs projets à différents niveaux de responsabilité. En 2016, 2017 et 2018, 7 personnes du SDI sont responsables techniques au LPSC des projets suivants : AB-nCT, ALICE, EUCLID, LBA, LSST-CCOB, MIMAC-COMIMAC, NEWS, AugerPrime, STEREO, n2EDM-L4M.

Fin 2018, le service est constitué de 12 personnes, 1 technicien, 4 assistants ingénieurs, 3 ingénieurs d'études et 4 ingénieurs de recherche. Le SDI est sous la respon

### 8.3.2 Fiche de compétences et moyens matériels spécifiques

Les compétences des personnels du SDI sont diverses et variées, elles se développent en fonction des besoins de chaque projet, elles sont rassemblées dans les domaines suivants :

#### **Détecteurs**

- Conception, simulation et fabrication, choix, achat et tests (Photo détecteurs, radio détecteurs, détecteurs gazeux et semi-conducteurs, etc...)

#### **Instrumentation**

- Choix, achat et mise en œuvre de solutions instrumentales, électroniques et informatiques

#### **Contrôle et commande**

- Conception et développement de systèmes automatiques (matériel et logiciel).
- Conception et développement de systèmes d'acquisition, traitement de données, contrôle et interfaces homme-machine, systèmes de sécurité (automates).
- Conception et développement de systèmes embarqués, distribués ou autonomes.
- Programmation NI LabVIEW, EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System), CSS (Control System Studio), langage C, Python, Ladder, Siemens TIA Portal.
- Plateformes matérielles NI (DAQ, compactRIO, compactFieldPoint, PXI, PXIe), Siemens S7, Rockwell.
- Contrôle de version Git/GitLab, SVN.

#### **Mécanique et Optique**

- Développement, conception, réalisation et montage de pièces et d'ensembles
- Développement, conception, réalisation et montage de systèmes vides et ultra-vides

#### **Spatial**

- Assurance-produits et documentation spatiale
- Tests unitaires de logiciels embarqués
- Intégration spatiale

#### **Instrumentation pour applications médicales**

- R & D, conception, simulation et fabrication, choix, achat et tests

#### **Qualité & Gestion de projets**

- Assurance-produits et documentation
- Gestion de projet
- Analyse des risques
- Audits

#### **Chimie et matériaux**

Gestion logistique et assistance aux expériences

Le SDI assure également des activités en dehors des projets scientifiques, telles que listées ci-dessous :

#### **Ressources techniques & infrastructures LPSC**

- Mesures basses activités (LBA, voir chapitre correspondant)
- Banc de tissage chambres à fils
- Administration ATRIUM (gestion électronique documentaire IN2P3) pour le LPSC
- Coordination des approvisionnements en gaz du laboratoire
- Un membre porteur de carte achat CNRS
- Un membre élu à la CPL
- Deux membres du CHSCT
- Un membre au Comité de Direction
- Présidence du Comité de Revue Technique de Projets

#### **Enseignement, formations :**

- Enseignements UGA et INPG en Acquisition de données et Mesures Nucléaires
- Encadrement de TP de pilotage d'instruments pour l'IUT Mesures Physiques de Grenoble.
- Encadrement des stages d'observation (collégiens et lycéens) au LPSC
- Activités pédagogiques pour les lycées
- Gestion technique du pool de TP et formations
- Formations LabVIEW® niveau débutants et avancé, pour le CNRS (DR11)
- Animation journée « LabVIEW® Users Group Exchange » en 2014.
- Animation du réseau d'utilisateurs LabVIEW®, « AlpesVIEW »
- 

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

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

Durant ces trois dernières années, le SDI a contribué à plus de 21 projets du laboratoire, avec un niveau d'implication technique plus ou moins important :

#### **Projet AB-nCT**

- Responsabilité technique du projet au LPSC.
- Conception et mise en œuvre de la ligne de test thermique (faisceau d'électrons 3 kW/cm<sup>2</sup>)
- Conception et mise en œuvre de la cible Béryllium.
- Conception et fabrication du spectromètre portable MIMAC-FASTn.
- Développement du contrôle-commande et des dispositifs de sécurité

#### **Projet ALICE - Calorimètre électromagnétique, EMCAL-DCAL**

- Responsabilité technique du projet au LPSC.
- Conception et mise en œuvre sur site du système de refroidissement des cartes des 'Scalable Readout Units' (SRU).
- Participation aux opérations de maintenance

#### **Projet ATLAS-ITK**

- Pilotage de l'activité de R&D et fourniture de 48 résistances chauffantes homogènes sur support silicium.
- Phase de R&D pour la caractérisation de la colle "Stycast 2850FT" (test thermique et mécanique)
- Étude de la caractérisation de la colle thermique des modules d'ITk en collaboration avec le CERN.
- Réalisation du prototype longeron et de modules en impression 3D.
- Réception et apprentissage de l'utilisation de la machine MMT (Machine à Mesurer Tridimensionnelle).
- Développement d'un capteur de force de faible valeur dans le cadre d'une collaboration avec le CPPM.
- Conception et réalisation d'un dispositif d'étalonnage des simulateurs de chauffe du démonstrateur d'ITk, réalisé par le CERN et les laboratoires de l'IN2P3.

#### **Projet TRADERA++**

- Réalisation d'électrodes de 150 mm de côté par collage de feuilles de Mylar tendues d'épaisseur de 20µm pour les chambres d'ionisation.

#### **Projet EUCLID**

- Responsabilité technique du projet au LPSC.
- Conception et montage du cryostat de test
- Développement du contrôle-commande et des dispositifs de sécurité (instruments, matériel et logiciel) du cryostat de test.
- Rédaction de la documentation projet et participation aux campagnes de test CEM.

#### **Projet KISS**

- Réalisation de différents polariseurs.
- Participation au développement d'un logiciel en Python pour piloter le télescope QUIJOTE situé à Tenerife en Espagne.

#### **Laboratoire de mesure des Basses Activités (LBA)**

- Responsabilité technique du laboratoire.
- Analyse de radioéléments d'origine naturelle et de nappes phréatiques pour des entreprises privées comme CEZUS-AREVA.
- Mesure de briques et planelles en terre cuite pour le Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (CTMNC).
- Maintenance du laboratoire (voir chapitre associé au LBA).

#### **Projet LSST-CCOB**

- Responsabilité technique du projet au LPSC.
- Conception et réalisation de 2 bancs d'étalonnage pour la caméra CCD
- Conception, réalisation, et montage mécanique du banc d'étalonnage motorisé.
- Phase de R&D, conception du support de fibre "faisceau fin", étude du passage des différents services (alimentation moteurs, mesures).

#### **Projet MIMAC - COMIMAC**

- Responsabilité technique du projet au LPSC.
- Support et maintenance de la MicroTPC installé au LSM depuis juin 2013.
- Prise en charge des opérations de logistique pour les campagnes de mesures hors site : LSM (Modane), IRSN (Cadarache et Fontenay-aux-Roses), ILL (Grenoble), INFN-LNL (Legnaro), CAL (Nice), IPNL (Lyon), CERN (Genève).

- Développements et tests de nouvelles structures de détecteurs Micromegas pixélisés basse radioactivité.
- Couplage de détecteurs Micromegas pixélisés au dispositif COMIMAC et LHI.
- Couplage d'une TPC au Tandetron TM de 2 MV sur l'installation AMANDE de l'IRSN de Cadarache pour des mesures de quenching à haute énergie.
- Expédition d'un prototype de MicroTPC en Chine et support à la mise en œuvre à l'IHEP (Pékin).

#### ***Projet MONODIAM et MONIDIAM***

- Conception et mise au point de dispositifs de test
- Conception et simulation COMSOL de la collection de charge de diamants pixélisés
- Participation aux tests sur faisceaux et analyse de données
- Simulation de détecteurs diamant et gamma

#### ***Projet Multipactor***

- Co-encadrement des développements logiciels initiaux par plusieurs stagiaires.
- Reprise du code (LabVIEW) et du contrôle des versions (GitLab) et de la configuration ; réadaptation aux besoins expérimentaux
- Amélioration du contrôle des paramètres, de la prise de données et des outils d'analyse.

#### ***Projet MYRRHA***

- Développement des logiciels de pilotage (EPICS, Control System Studio) et d'automatisation (Siemens S7, TIA Portal) des systèmes de vide et de refroidissement de la ligne de transport à basse énergie (LEBT).
- Intégration et tests des instruments et des signaux de commande et d'état de l'installation.
- Raccordement des instruments (Siemens Profibus), câblage des capteurs et actionneurs et du boîtier de distribution de l'automate.
- Encadrement technique et conseil pour le contrôle sous LabVIEW d'un profileur à fil (Wire Scanner) mis au point par le LPSC.

#### ***Projet NEWS***

- Responsabilité technique du projet au LPSC.
- Conception et mise en œuvre du détecteur sphérique haute pression de 30 cm.
- Organisation et participation aux campagnes de test

#### ***Projet AugerPrime***

- Responsabilité technique du projet au LPSC et à l'IN2P3.
- Coordination technique de la construction des détecteurs AugerPrime
- Responsabilité de chef de projet adjoint de l'Observatoire
- Participation à la définition et au management du projet d'upgrade du détecteur de surface, AugerPrime.
- Participation à la construction des détecteurs AugerPrime (SSD) au LPSC

#### ***Projet PEREN***

- Maintenance du laboratoire de chimie de la plateforme PEREN.

#### ***Projet SPIRAL2, upgrade PHOENIX V3***

- Conseil et co-développement pour la modernisation et la reprise de l'application LabVIEW de pilotage dans le cadre de l'upgrade PHOENIX V3 de SPIRAL2.

#### ***Projet STEREO***

- Responsabilité technique du projet au LPSC.
- Coordination de l'installation définitive du détecteur à L'ILL.
- Support technique pour le déplacement temporaire du détecteur ainsi que pour son démontage (améliorations, réparations).
- Conception, réalisation et test d'un blindage supplémentaire (mur d'eau).
- Maintenance.

#### ***Projet SWATH***

- Développement du contrôle-commande et des dispositifs de sécurité (instruments, matériel et logiciel) de la maquette en eau, puis de l'installation nominale pour l'étude de l'écoulement des sels fondus.
- Algorithmes de régulation des pressions des réservoirs et circuits.
- Algorithme de stabilisation linéaire du débit lors d'un essai d'écoulement.
- Gestion des mesures et de la supervision de l'installation.

#### **Projet GRANIT**

- Mise en œuvre et adaptation matérielle et logicielle du système de contrôle-commande.
- Maintenance.

#### **Projet n2EDM - Laboratoire L4M**

- Responsabilité technique du projet au LPSC.
- Etude, développement et réalisation du banc de test pour la magnétométrie mercure.
- Contrôle commande du banc de test.

#### **Projet n2EDM - Switch**

-

### **8.3.4 Activités de R&D**

Les activités de recherche et développement du service Détecteurs et Instrumentation sont toutes liées à des projets du laboratoire. Elles se déclinent selon deux thématiques majeures :

- « Détecteurs », qui rassemble toutes les activités de R & D sur les études de nouveaux systèmes de détection des particules, mais également sur les nouveaux concepts qui utilisent des techniques de détection déjà éprouvées. Les études de nouveaux moyens de caractérisation des détecteurs font également partie de cette thématique.
- « Matériaux », qui rassemble les activités de recherche sur la mise en œuvre des nouveaux matériaux utilisés pour les diverses instrumentations des expériences, incluant les études sur leur usinage, collage, moulage,

#### **R&D « Détecteurs »**

- Étude et caractérisation de détecteurs gazeux à géométrie sphérique mono voie permettant la mesure de reculs nucléaires de très basse énergie.  
*Cette activité est reliée au projet NEWS et est assurée au SDI par Jean-François Muraz.*
- Étude, caractérisation et simulation de détecteurs semi-conducteurs diamants mono et polycristallins.  
*Cette activité est reliée aux projets MONODIAM et MONIDIAM et est assurée au SDI par Jean-François Muraz et Sara Marcatili.*
- Conception et tests de Micromegas pixélisées pour les basses pressions.
- Conception et tests de  $\mu$ TPC pour la détection matière sombre non baryonique.
- Conception et tests de Micromegas bas-bruit pour les expériences recherchant des événements rares.
- Système de purification et de contrôle de la qualité des gaz pour les détecteurs gazeux, étude des caractéristiques des différents mélanges gazeux pour les  $\mu$ TPC.  
*Ces activités sont reliées au projet MIMAC et sont assurées au SDI par Olivier Guillaudin, Marc Marton et Clément Thomassé.*
- Etude des capacités d'une  $\mu$ TPC pour la détection et la caractérisation de sources de neutrons épithermiques.  
*Cette activité est reliée au projet AB-NCT et est assurée au SDI par Olivier Guillaudin et Marc Marton.*
- Conception et tests d'un nouveau capteur pour le NRC (Nivomètre à rayonnement Cosmique) d'EDF-DTG destiné à la mesure de l'équivalent en eau du manteau neigeux.

#### **R&D « Matériaux »**

- Etude du comportement thermique d'une cible en couche mince de Béryllium 9 sur support graphite.  
*Cette activité est reliée au projet AB-NCT et est assurée au SDI par Jean-François Muraz.*
- Etude et réalisation de résistances chauffantes homogènes sur support silicium.

*Cette activité est reliée au projet ATLAS-ITK et est assurée au SDI par Adeline Richard et Jean-François*

### 8.3.5 Activités de valorisation

EDF-DTG

- Diagnostique et réparation de capteurs NRC (Nivomètre à rayonnement Cosmique) appartenant au réseau de mesures hydrologiques d'EDF-DTG.
- Support à la Maitrise d'ouvrage dans le cadre de la rénovation du parc de NRC d'EDF-DTG.

CMCF

- Prestation d'étude et de réalisation d'un dispositif de mesure de faibles courants d'ionisation pour l'IRSN-

### 8.3.6 Faits marquants en 2016, 2017 et 2018

Plusieurs faits marquants relatifs aux projets dans lesquels le SDI est impliqué ont jalonné les activités de ces deux dernières années :

- CMCF, livraison du dispositif de mesure de faibles courants d'ionisation à l'IRSN-LDRI en 2016
- AugerPrime, début de la production des détecteurs de surface à scintillateurs (SSD) en 2018
- ATLAS-ITk, mise en œuvre de la MMT (Machine Métrologique Tridimensionnelle) en 2018
- STEREO, installation de l'expérience à l'ILL en 2016
- SDI, départ de 4 personnes du service, deux changements de service, un changement de laboratoire et un départ en retraite.
- SDI, recrutement de 3 personnes en NOEMI et 1 sur concours, 2 AI, 1 IE et 1 IR.
- SDI, installation et inauguration de la nouvelle salle propre de montage des détecteurs.