

5 Plateformes et Installations techniques

Le laboratoire a mis en place plusieurs plateformes et installations techniques, dédiées en première priorité aux activités de recherche, mais possiblement ouverte aux acteurs industriels.

Le laboratoire héberge la **plateforme GENESIS (G**ENERATOR OF NEUTRONS FOR SCIENCE AND IRRADIATION**S)**, dédiée à la production de neutrons rapides. Elle est composée d'une source ECR d'ions continue intense pouvant engendrer des deutons et d'un accélérateur électrostatique qui fournit une accélération de 250 keV dans une ligne de faisceau focalisatrice compacte prolongée par une cible tritiée. Les neutrons issus des réactions $D+T \rightarrow {}^4\text{He} + n$ sont produits à une énergie correspondant au seuil des réactions mises en jeu à 14,2 MeV. Pour une intensité de 8×10^9 n.s⁻¹ le flux maximal atteint est de 5×10^7 n.s⁻¹.cm⁻². Cette plateforme est utilisée par le monde académique pour les mesures de sections efficaces neutroniques depuis les premiers jours de son exploitation en 2003 par la communauté des chercheurs impliqués dans la mesure et la validation des données nucléaires. Elle est ouverte depuis 2015 à des partenaires industriels, dans le cadre de campagnes d'irradiation de matériaux, principalement dans le but de déterminer les effets de flux de particules énergétiques sur le fonctionnement de circuits électroniques embarqués. GENESIS est aujourd'hui labellisée par le CNRS, et fait partie de l'offre de l'IRT Nanoelec depuis 2016 : elle est dirigée par un responsable technique, un coordinateur scientifique, opérée et maintenue par l'équivalent de 4 ETP issus du pôle accélérateur et sources d'ions et des supports techniques du laboratoire. Son exploitation et la définition de ses orientations stratégiques sont suivies par un comité de pilotage impliquant l'ensemble des tutelles. Cette plateforme est décrite plus en détail en ANNEXE-3.

Le laboratoire héberge **l'installation FEST** dédiée aux recherches sur les réacteurs à sels fondus envisagés pour la génération-IV de réacteurs nucléaires. Dans ces réacteurs, le caloporteur comme le combustible sont liquides. L'installation FEST est consacrée aux expérimentations mettant en jeu des fluides caloporteurs à moyenne ou haute température (sels ou métaux fondus). Les installations sont entièrement conçues au laboratoire et elles s'appuient sur des simulations numériques thermiques et hydrauliques, effectuées dans le Service Mécanique et l'équipe de Physique des Réacteurs. La plateforme est en particulier dédiée à la construction de dispositifs mettant en jeu des fluorures liquides (milieu statique ou dynamique), et à la construction de dispositifs mettant en jeu des métaux liquides. Actuellement, l'activité est centrée sur le lithium utilisé dans le cadre des études de cibles pour les sources de neutrons basées sur des accélérateurs compacts.

Le laboratoire héberge également un **centre de computing TIER2** dédié au stockage et au calcul des expériences LHC. Au LPSC, ce TIER2 s'inscrit dans le schéma de production et d'analyse de données des expériences ATLAS et ALICE du CERN depuis l'année 2008. Les capacités de stockage et de CPU font l'objet d'un accord entre l'Institut et les expériences du CERN résultant dans un engagement dans ces deux domaines. Au sein de l'Institut, l'installation du LPSC fait partie de l'ensemble des infrastructures dédiées à la grille de calcul, en lien avec le Centre de Calcul de Lyon (CC-IN2P3). L'opération et la maintenance de ce centre de calcul nécessite au LPSC le concours de 1,5 ETP, membres du service électronique du laboratoire.

Enfin le laboratoire héberge deux installations techniques : l'une est la plateforme de procédés et matériaux, autour d'une installation de plusieurs réacteurs de plasmas - c'est la plateforme IA3P ; l'autre est une installation du laboratoire opérant depuis plusieurs décennies et dédiée aux mesures de (basse) radioactivités effectuées pour des partenaires académiques ou dans le cadre de prestations auprès d'industriels - le Laboratoire de Basse Activité (LBA).

5.1 Plateforme de production de neutrons GENESIS

Coordinatrice scientifique : A. Billebaud *Responsable opérationnel* : M. Baylac puis B. Cheymol

Personnel impliqué

M. Baylac, T. Cabanel, B. Cheymol, T. Gemon, E. Labussière, S. Rey (*Pôle Accélérateurs et Sources d'Ions*)

A. Billebaud, O. Méplan, M. Ramdhane (*Équipe Physique des Réacteurs*)

J. Bouvier, J.-P. Scordilis, D. Tourres (*Service Électronique*)

G. Dargaud (*Service Informatique*)

C. Fourel, J. Giraud, personnel de l'atelier (*Service Études et Réalisations Mécaniques*)

W. Regairaz (*Service Sécurité et Radioprotection*)

The GENESIS platform (Generator of Neutrons for Science and IrradiationS) hosted by the LPSC in Grenoble proposes the access to an accelerator-based neutron source (GENEPI2) which can provide an intense flux of 2.5 MeV or 14 MeV neutrons. In operation since 2003, a major upgrade was performed in 2016 and since 2018, the GENESIS platform is a platform certified by IN2P3.

5.1.1 Présentation

La plateforme GENESIS a en charge l'exploitation et la mise à disposition des utilisateurs de la source de neutrons intense GENEPI2 du LPSC. Cet accélérateur électrostatique produit des neutrons de 14 MeV ou 2,5 MeV par impact de deutons sur une cible de Tritium ou de Deutérium. Il a subi d'importantes améliorations en 2016 et le blindage neutronique a été renforcé en 2018 pour accompagner la hausse de ses performances. Au cours de ces années l'activité de la plateforme a connu une hausse significative, notamment auprès d'acteurs industriels. Depuis 2018, la plateforme GENESIS est une plateforme labélisée IN2P3 dont le premier comité de pilotage (COFIL) a eu lieu en juin de la même année.

5.1.2 Amélioration des performances de la plateforme

Une grande partie de l'année 2016 a été consacrée à l'amélioration de l'accélérateur GENEPI2. La source d'ions pulsée duo-plasmatron, en service depuis 2003, a été remplacée par une nouvelle source d'ions (Fig. 1) fonctionnant en continu, de type ECR, développée en interne par l'équipe sources d'ions. Il s'agit de la première étape visant à augmenter sensiblement le flux de neutrons et fiabiliser le fonctionnement de l'accélérateur.

En parallèle, des changements importants ont été apportés à la ligne de transport afin de tirer bénéfice de la hausse de performances de la nouvelle source, notamment en remplaçant le dipôle de déviation. Ces changements ont permis ainsi une augmentation de la production de neutrons à $8 \cdot 10^9$ neutrons par seconde.

Dans l'optique de proposer à l'avenir des flux de neutrons encore plus importants, un blindage additionnel autour de la casemate GENEPI2 a été mis en place, pour à terme proposer une source de neutrons pouvant aller jusqu'à 10^{11} neutrons par seconde. Après études à l'aide de codes Monte Carlo, 11 tonnes de Polyéthylène haute densité ont été installées au cours du second semestre 2018.



Fig. 1: nouvelle source ECR dans la plateforme haute tension de GENEP12.

Activités scientifiques

La plateforme GENESIS a accueilli au cours de ces dernières années plusieurs équipes de recherche désirant soumettre leurs détecteurs en cours de développement à un flux intense de neutrons rapides: en 2016, une équipe du CEA est venue tester des dosimètres thermo-luminescents (TLD) dans le cadre du projet CANDELLE; en 2017 la calibration d'un prototype de compteur proportionnel sphérique, développé par le LSM a été effectuée sur la plateforme ; enfin une chambre à ionisation scintillante pour la mesure de réactions (n, α) développée pour le projet SCALP par le LPC Caen a été testée sur la plateforme.

La collaboration avec le laboratoire TIMA (Techniques de l'Informatique et de la Microélectronique pour l'Architecture des systèmes intégrés, laboratoire CNRS-UGA, UMR 5159) pour l'irradiation de circuits électroniques entamée en 2013 s'est poursuivie. Ce laboratoire a été rejoint par des équipes d'autres organismes de recherche tels que le CEA, le CERN, ou l'Université de Madrid pour mener des tests de fiabilité de composants électroniques pour des applications spatiales ou pour certaines applications terrestres critiques.

Valorisation de la plateforme

Depuis l'ouverture de la plateforme en 2015 aux partenaires industriels, le succès de l'activité de valorisation de GENESIS ne s'est pas démenti, montrant notamment le besoin de tests de composants microélectroniques sous flux de neutrons rapides et la pertinence de l'offre de la plateforme. Ainsi des PME du bassin grenoblois et des entreprises internationales ont poursuivi leur partenariat débuté en 2015 avec le LPSC.

En 2016 la plateforme GENESIS a intégré l'Institut de Recherche Technologique (IRT) Nanoelec et plus particulièrement le programme de Caractérisation de Grands Instruments (programme Carac).

Le pôle assure le pilotage de l'accélérateur et le support pour la logistique des irradiations.

5.2 Installation FEST

Responsable scientifique : V. Ghetta **Responsable technique** : J. Giraud

Personnels impliqués

V. Ghetta, P. Rubiolo, M. Tano Retamales (*Équipe Physique des Réacteurs*)

J. Menu, J. Giraud, S. Roni, Y. Odievre (*Service Études et Réalisations Mécaniques*)

M. Heusch, O. Zimmermann (*Service Détecteurs et Instrumentation*)

E. Lagorio (*Service Électronique*)

The experimental molten salt laboratory is composed of several set-up and a group of three well equipped gloves boxes under controlled atmosphere dedicated to experimentations with molten cooling fluid. The more recent experiment (SWATH set-up) is related to fundamental aspects of thermohydraulic phenomena. The projects are supported by work on water and plexiglass mock-up and are associated with numerical simulations.

5.2.1 Présentation

Cette plateforme est dédiée aux expérimentations mettant en jeu des fluides caloporteurs à moyenne ou haute température (sels ou métaux fondus). Les installations sont entièrement conçues au laboratoire et elles s'appuient sur des simulations numériques thermiques et hydrauliques, effectuées dans le Service Mécanique et l'équipe de Physique des Réacteurs.

La plateforme est dédiée à :

- La construction de dispositifs mettant en jeu des fluorures liquides (milieu statique ou dynamique), il s'agit principalement des installations FFER (Forced Fluoride Flow for Experimental Research) et SWATH (Salt at Walls: THERmal exchanges).
- La construction de dispositifs mettant en jeu des métaux liquides. Actuellement, l'activité est centrée sur le lithium utilisé dans le cadre des études de cibles pour les sources de neutrons basées sur des accélérateurs compacts.
- La construction des maquettes d'écoulement en eau correspondant aux installations en sel ou en métal.
- Elle possède en outre un groupe de boîtes à gants en atmosphère contrôlée permettant la mise en forme des matériaux utilisés et la réalisation d'expériences de petite taille.

La figure 1 (à gauche) présente l'installation SWATH (construite pendant le projet SAMOFAR) qui permet d'effectuer des mesures thermiques sur des écoulements de sel fondu dans des canaux ouverts ou fermés pour étudier la validité des modèles thermo-hydrauliques élaborés dans le groupe physique des réacteurs (voir partie 3). L'image de droite montre le résultat d'une des expériences de solidification menées pour tester le modèle de solidification MASOFOAM (Thèse M. Tano-Retamales 2015-18).

Des expériences spécifiques concernant l'étude expérimentale d'un "bouchon froid" ont été menées sur un dispositif installé sur l'un des deux réservoirs de sel de l'installation SWATH. Le fonctionnement du bouchon froid est partiellement passive car son ouverture se produit suite à l'arrêt de l'alimentation électrique. L'expérience menée à SWATH a permis de valider le principe de fonctionnement de ce composant.

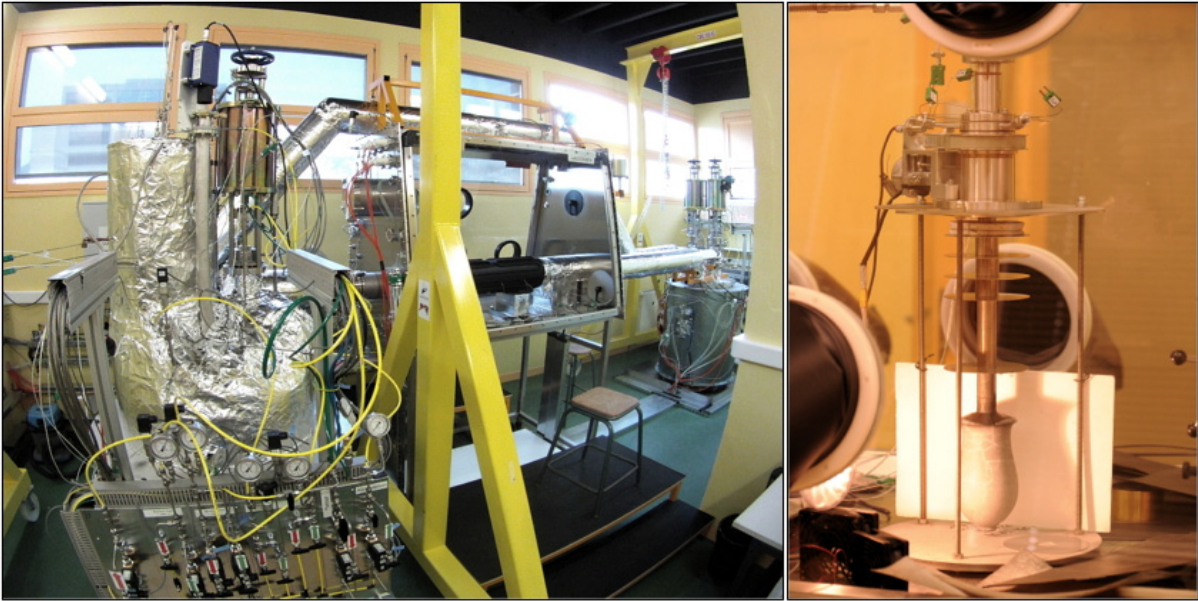


Fig. 1 : Installation SWATH (à gauche) et lingot de sel solidifié après extraction en fin d'expérience.

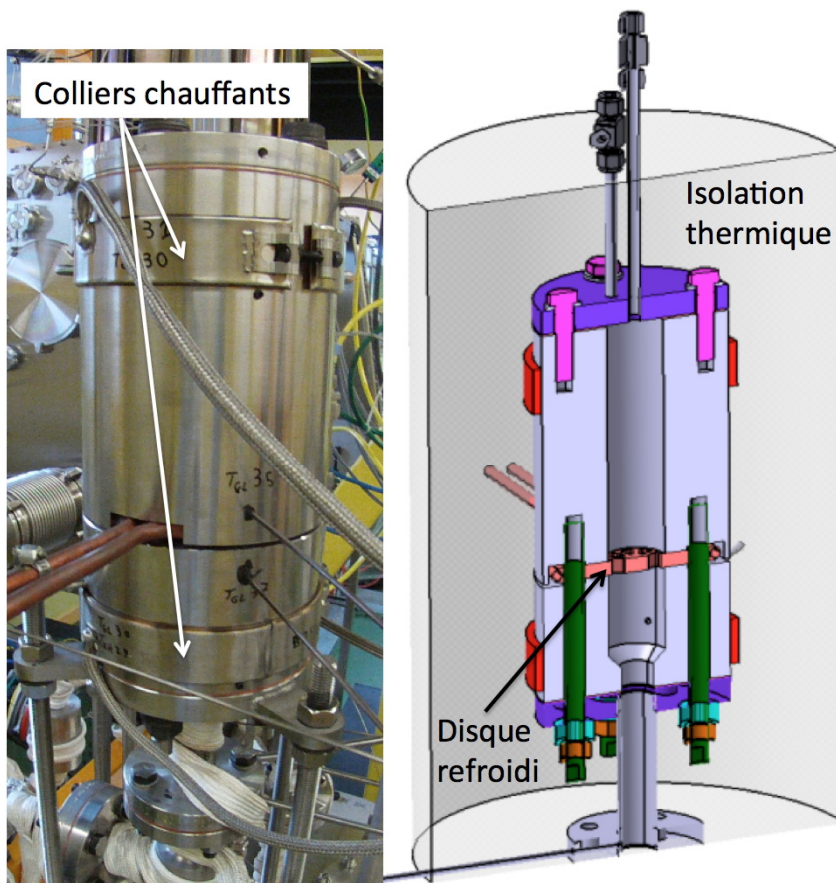


Fig.2: Dispositif d'étude du bouchon froid sans son isolation thermique et design de la structure interne.

5.3 Grille de calcul (Tiers2)

Responsable scientifique : S. Crépe-Renaudin **Responsable technique** : C. Gondrand

Personnel impliqué

S. Crépe-Renaudin (*équipe ATLAS*), R. Guernane puis G. Conesa-Balbastre (*équipe ALICE*)
C. Biscarat, C. Gondrand, F. Melot (*Service Informatique*)

The LPSC grid node is part of the European Grid Infrastructure. It is a Tier 2 of the Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) with a storage and computing capacities of respectively 1, 1.3 PB and about 2000 job slots (24 000 HEP-SPEC06). It mainly contributes to data storage and processing of the ATLAS and ALICE Large Hadron Collider experiments for both production and analysis. Other applications, like France Grilles, a multidisciplinary Virtual Organization to promote national projects, make use of our infrastructure at the percent level.

5.3.1 Présentation

Le nœud de grille du LPSC est un site certifié de l'infrastructure de grille européenne EGI ([European Grid Infrastructure](#)) et est principalement utilisé dans le cadre de la grille mondiale pour le traitement des données issues des expériences auprès du Large Hadron Collider (LHC), coordonnée par WLCG ([Worldwide LHC Computing Grid](#)). Mis en place en 2008, le site est depuis 2011 un site de niveau Tier 2 de WLCG. En 2018, il possède une capacité de 24 000 HEP-SPEC06 (soit la capacité de tourner plus de 2000 processus en parallèle) et une capacité de stockage de 1,3 Po net.



Le nœud de grille du LPSC a été mis en place pour répondre à la demande de l'équipe ATLAS du LPSC de participer au traitement des données de l'expérience ATLAS auprès du LHC. Dans un premier temps, le site a été ouvert aux expériences ATLAS et ALICE du LHC auxquelles participe le LPSC. La majorité des ressources actuelles du site sont toujours utilisées par ces deux expériences. Par ailleurs, parallèlement aux développements de ces activités, le site s'est progressivement ouvert à d'autres acteurs en lien avec les thématiques de recherche du LPSC ou avec des activités locales et régionales. Ces activités hors LHC représentent quelques pour-cent de la puissance de calcul délivrée par le site et sont dotées d'un espace de stockage spécifique (environ 100 To au total) pour la plupart d'entre-elles.

5.3.2 Infrastructure, réseau et services

Le nœud de grille du LPSC avec une centaine de serveurs de calcul et de stockage, occupe environ la moitié de la salle informatique du laboratoire. Celle-ci permet l'hébergement de huit baies 42 U avec une puissance électrique disponible de 120 kW. La salle dispose d'un onduleur (80 kVA) qui a été renouvelé en 2018 qui couvre depuis l'ensemble des serveurs et d'un système de refroidissement par « free cooling » particulièrement fiable et économe, d'une puissance d'environ 100 kW.

Le cœur du réseau local est basé sur deux commutateurs CISCO NEXUS 5010 dotés de 40 ports à 10 Gbits/s. Le LPSC étant situé sur le polygone scientifique de Grenoble, la connexion à RENATER, dont le point de présence est sur le campus de Saint-Martin-d'Hères, se fait via le réseau métropolitain Metronet. Un VLAN dédié pour la grille de calcul permet d'atteindre un taux de transfert de 8 Gbits/s entre le LPSC et le réseau RENATER. Ceci permet au nœud de grille du LPSC d'être connecté au réseau LHCONe qui donne des accès privilégiés aux autres sites de WLCG. Les liens LHCONe pour le LPSC sont de 10 Gbits/s. L'ensemble du site est compatible avec le protocole réseau IPV6 qui a été déployé au LPSC en 2018 à la demande de WLCG.

Les services de grille disponibles au LPSC sont répartis sur une architecture virtualisée basée sur trois serveurs VMWARE ESX. Le Tier 2 du LPSC dispose d'un système d'information (BDII), de deux Computing Element de type CREAM-CE qui permettent de gérer les processus de calcul, d'une VOBOX pour accueillir les services spécifiques de ALICE, de serveurs DPM et XRootD pour la gestion des données et enfin, de deux machines Perfsonar pour la surveillance du réseau. Les configurations de l'ensemble des services sont déployées via les logiciels Quattor et Puppet. L'ensemble des composants de notre nœud de grille est surveillé par le serveur NAGIOS du LPSC. Des tests sont en cours pour mettre en place un gestionnaire de tâches plus moderne et complet, HTCondor par exemple, et remplacer le gestionnaire des tâches de calcul Torque et l'ordonnanceur Maui.

5.3.3 Le personnel

Les activités du LPSC étant structurées sous forme de projets, la plateforme technique du Tier 2 du LPSC est dotée d'un responsable scientifique et d'un responsable technique. Parmi les membres du service informatique qui permettent le bon fonctionnement du site, deux ingénieurs travaillent quotidiennement sur le projet pour l'équivalent d'un demi-temps plein. On notera par ailleurs qu'un ingénieur du LPSC est le coordinateur technique de la partie française de WLCG (LCG-France). L'activité principale du site étant le calcul LHC, un physicien de chacun des groupes LHC du laboratoire fait le lien entre le site et les besoins des équipes (ALICE et ATLAS). Avec la responsabilité scientifique du site, la participation des chercheurs LHC correspond à 0,2 ETP.

5.3.4 Les activités du site

Les activités grille des expériences LHC ATLAS et ALICE consistent à stocker, reconstruire et analyser les données produites par leurs détecteurs. Des données de simulation conformes aux prédictions théoriques sont aussi produites et suivent les mêmes étapes afin d'être confrontées aux données expérimentales. Le site du LPSC, grâce à la qualité de ses services et à sa très bonne disponibilité, participe à l'ensemble de ces activités. La grille de calcul et de stockage WLCG comprend 170 centres répartis dans 42 pays. Parmi les sites de type Tier 2, pour chacune des expériences ATLAS et ALICE, le site représente environ 1% des ressources de calcul et de stockage officiellement attribuées au niveau mondial. La contribution du site du LPSC relative à celle de l'ensemble des Tier 2s de LCG-France correspond respectivement à 3% et 8% pour le calcul et le stockage de ALICE et à 10% de ces deux types de ressources pour ATLAS.

Par ailleurs, le site est ouvert à d'autres disciplines, qu'elles soient nationales (VO France Grilles, et formation France Grilles), régionales (VO Rhône-Alpes, EUMED pour les pays méditerranéens).

Enfin, une collaboration se poursuit entre le service informatique du LPSC et le groupement de laboratoires pour le calcul intensif CIMENT au sein de la nouvelle infrastructure de l'Université Grenoble Alpes GRICAD. CIMENT a déployé une grille de calcul exploitée via l'intergiciel CIGRI. Sur cette grille, les sites sont exploités en mode opportuniste, permettant ainsi de maximiser l'utilisation des ressources. Plusieurs projets du LPSC (ATLAS et Dzero par exemple) ont bénéficié des ressources de la grille CIMENT dans ce mode. Une nouvelle collaboration autour de l'utilisation des ressources HPC de GRICAD a débuté. L'objectif est d'interfacer les ressources HPC avec la grille LHC afin de pouvoir utiliser ces ressources de façon transparente.

5.4 Plateforme des Procédés Plasma Avancés

Responsable scientifique : A. Lacoste **Responsable technique** : A. Bès

Personnel impliqué

S. Béchu, A. Bès, L. Bonny, D. Fombaron, A. Lacoste

The International Platform for Advanced Plasma Processing (IAP3) includes plasma equipments devoted to three objectives: 1) Education: technical courses for initial and continuous training; 2) Research: interface between laboratories for multidisciplinary research such as co-tutorial PhD, research projects, national and international partnerships; 3) Transfer of Technology: interface with industrial R&D laboratories in order to promote the plasma technologies and plasma processing.

5.4.1 Présentation

L'équipe plasma poursuit et élargit ses activités de valorisation en partenariat avec des industriels, aussi bien dans le domaine du développement de sources plasma micro-onde (IREIS, TED Electron Devices), que dans le domaine des matériaux et traitement de surfaces (Ugitech, Valeo) à travers des projets de valorisation (FUI, bourses CIFRE). Depuis 2012, deux sociétés exploitent 4 brevets CNRS-UGA pour la fabrication de sources plasma et des équipements dédiés aux procédés en films minces avec des redevances versées au CNRS à hauteur de 48 k€/an.

5.4.2 Mission et activités

La Plateforme Internationale des Procédés Plasma Avancés (IAP3) a pour vocation la formation par la recherche (thèses, post-doctorants) ou continue (formation continue annuelle ou Ateliers conjointement organisés avec les réseaux des Plasmas Froids et des Technologies du Vide), et elle assure l'interface, d'une part, entre les laboratoires pour la recherche interdisciplinaire et, d'autre part, entre le milieu académique et industriel pour la valorisation et le transfert technologique.

La plateforme IAP3 est labellisée par la Mission Ressources Compétences Technologiques du CNRS (au titre de ses 22 réseaux de compétences) et recensée par l'Institut Carnot - Énergies du Futur, Filière Eco-énergie. Elle comporte des techniques de caractérisation des plasmas, des équipements plasma micro-onde couvrant un domaine opératoire étendu en pression (de 0,1 mTorr à 100 Torr) et en puissance (jusqu'à 5 kW, continu et/ou pulsé), et des systèmes de contrôle de température lors des procédés (-100 à 800 °C). Plus précisément, la plateforme dispose de :

- Deux réacteurs pour des dépôts par pulvérisation réactive assistée par plasma micro-onde pour la synthèse de matériaux en films minces.
- Un réacteur de dépôt par CVD assistée par plasma (PECVD) pour la synthèse de matériaux.
- Un réacteur de gravure à très basse pression et à pression intermédiaire.

De nombreuses techniques de caractérisation (électrique, optique, laser, électromagnétique) permettent le contrôle et la qualification des procédés mis en œuvre sur ces équipements.

L'accès à ces installations est réglementé au travers d'une charte d'utilisation co-signée par le CNRS, l'UJF (UGA) et la MRCT, et les études sont effectuées sous forme de prestations académiques ou industrielles. En plus de son utilisation pour la Formation Continue et des ateliers organisés dans le cadre du Réseau CNRS des plasmas froids, plusieurs actions ont été menées sur les équipements de la plate-forme pendant la période 2016-2018. On peut mentionner :

- Réalisation des films minces Al/MgH₂ sur substrat de Cu pour les batteries à Li, Institut de Chimie et des Matériaux Paris Est (ICMPE), 94320 Thiais.
- Gravure isotrope à grande vitesse du diamant monocristallin pour détecteurs de rayonnement haute énergie; ESRF - ISSD Division Détecteurs.

- Qualification d'un plasma produit par du rayonnement X pour les atténuateurs à gaz ; ESRF - ISSD - AAD (Advance Analysis and Modelling Division).
- Dépôt en multicouches pour Détecteurs de neutrons à base de bore ; LPSC (GRANIT) et ESRF.
- Dépôt de contacts métalliques sur diamants mono et microcristallins ; LPSC (MonoDiam HE et MoniDiam).
- Dépôt sur Si d'alliage Ni/Cr/Fe pour la simulation du chauffage des détecteurs à Si ; LPSC et LAPP (Annecy).
- Dépôt d'alliages en simple ou en multicouches sur plots thermoélectriques (TE), Valeo, 92000 La Verrière.
- Test d'applicateurs d'onde coaxiaux à différentes fréquences pour des applications aux dépôts à très basse pression ; IERIS, TED (cf. projet FUI-GMP DLC2).
- Test de faisabilité de croissance de diamant microcristallin.
- Test de gravure sur verre ; Saint-Gobain.

Ces études ont en partie conduit à des projets applicatifs et de valorisation avec des financements CIFRE et de personnel contractuel, ou bien ouvrent de nouvelles perspectives en termes de projets et d'applications.



Fig. 1 : Réacteur de gravure et de dépôt PECVD équipé de 25 coupleurs d'onde (sources plasma unitaires).

5.4.3 Valorisation et transfert technologique

La valorisation des activités du groupe se traduit également par le transfert, aussi bien au niveau académique qu'au niveau industriel, de la technologie basée sur des sources plasma étudiées et développées au LPSC. Au niveau académique, plusieurs laboratoires (LSPM Villetaneuse, LPCI Le Mans, Laplace Toulouse, Université de Patras Grèce), se sont dotés de réacteurs équipés de ce type de sources commercialisées par HEF (licence non-exclusive de brevets CNRS-UJF, FR 06 05238, FR 06 06 680, FR 08 57392). Depuis 2012, SAIREM (licence non-exclusive de brevets FR 02 06837, FR 08 57392) développe des équipements en vue de leur commercialisation. La technologie plasma micro-onde développée au sein du LPSC a été également retenue comme technologie potentielle pour la production industrielle de DLC (Diamond-Like Carbon) pour des applications tribologiques en vue de la diminution de la consommation des voitures.

Un autre volet important de l'activité de valorisation du groupe porte sur l'une des principales applications de ces technologies qui est celle de l'élaboration de matériaux en couches minces et de traitements de surfaces. Les contrats avec différents partenaires permettent de valoriser la technique de co-pulvérisation assistée par plasma (réactif ou non) pour la réalisation des matériaux complexes à composition ou à fonctionnalité bien

définies (Valeo, CARNOT-Énergies du Futur - 2013-2016). L'expertise du groupe en la matière a également conduit à deux contrats avec Ugitech (thèses CIFRE, 2011-2014 et 2015-2018). L'activité de valorisation du groupe est accompagnée par le Service d'Études et Réalisations Mécanique du laboratoire pour la réalisation des prototypes d'applicateurs d'onde ou des pièces intégrées sur les réacteurs. Le Service Électronique a réalisé une deuxième version de l'électronique de commande d'un dispositif de caractérisation des plasmas (figure 2).

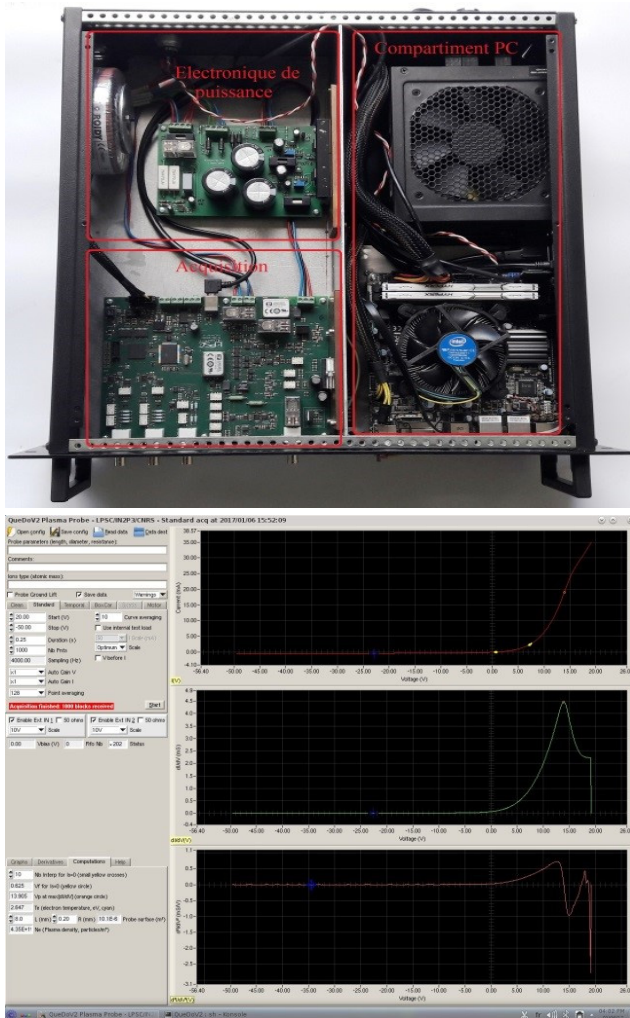


Fig. 2 : Électronique de commande d'un dispositif de caractérisation plasma, réalisée au LPSC en collaboration avec le Service Électronique (Version 2).

5.5 Laboratoire de Basse Activité (LBA)

Responsable scientifique : O. Méplan, M. Ramdhane **Responsable technique** : M. Heusch

Personnel impliqué

M. Heusch, O. Méplan, M. Ramdhane

The low-level radioactivity measurement facility of the LPSC laboratory performs analysis of gamma emitters on various types of samples, solids or liquids, for the needs of industrial partners, for fundamental research and environmental survey. In 2015 the LBA was accredited for radioactivity measurements in the "soil" matrices by the Nuclear Safety Authority (ASN) for a period of 5 years.

5.5.1 Présentation

Le Laboratoire de mesures de Basse Activité (LBA) fait partie du Réseau Becquerel, plateforme nationale d'analyse alternative de la radioactivité de l'IN2P3.

Le laboratoire possède 2 détecteurs germanium hyper pur (HPGe) bas bruit : les mesures de radioactivité sont donc des mesures par spectrométrie γ . Les mesures faites au LBA sont dites de basses activités car elles ne concernent que des échantillons peu actifs (de l'ordre de la radioactivité naturelle). C'est pourquoi une attention particulière est apportée au dispositif afin de limiter les sources de bruit radiologique (rayonnement cosmique et radioactivité naturelle). Il est donc placé au sous-sol du LPSC (-5 m équivalent eau)



afin de diminuer le bruit lié au rayonnement cosmique (suppression des p, e-, atténuation des muons et neutrons). Les détecteurs sont entourés de plomb archéologique (cylindre de 2 cm) puis de 20 cm de plomb ultra pur. Ils sont placés à l'intérieur d'un cube formé par des vêtos (scintillateurs) interdisant le comptage lors du passage d'un muon cosmique (voir figure). Pour limiter l'accumulation du radon, l'air de la pièce est pompé directement sur le toit du bâtiment (h-9 m), filtré sur des filtres anti-poussières puis des filtres haute efficacité à charbon actif. L'air est alors injecté dans la salle de mesure.

Chaque année, le LBA analyse la radioactivité d'échantillons provenant pour la plupart d'entre eux d'origines distinctes : l'industrie nucléaire et tout particulièrement la métallurgie du zirconium, des produits miniers au métal purifié, en passant par toutes les étapes de la chimie d'élaboration (zircone, tétrachlorure de zirconium, zircone déhafnié). La sélectivité chimique, spécifique de chaque étape du processus industriel, rend l'interprétation des spectres gamma particulièrement délicate, car elle détruit l'équilibre séculaire des chaînes radioactives naturelles. Nous effectuons des mesures de teneur en radioéléments dans les matériaux de construction pour le compte des industriels et des centres de recherche du bâtiment. Nous participons à la surveillance radiologique des nappes phréatiques aux environs immédiats des centres de stockage des déchets miniers, tests de lixiviation du radium sur ces mêmes déchets, avant stockage définitif. Enfin, des mesures plus reliées à la recherche fondamentale sont effectuées, comme la caractérisation de matériaux bas bruit pour la réalisation de détecteurs (STEREO, MIMAC...), ou la mesure de flux lors d'irradiation (GENEPI, expériences FLUOLE...).