



# Service Mécanique

## Service Mécanique

### L'essentiel

**F**ort de 22 personnes, le service de mécanique du LAPP, qui est l'un des plus grands de l'IN2P3, a pour mission de prendre en charge des développements techniques nécessaires à la construction des expériences de physique auxquelles le laboratoire contribue. Son champ d'action dépasse le cadre strict de la mécanique puisque ses équipes mènent des projets à caractère multidisciplinaire.

Les domaines de compétences couverts nous ont conduits ces dernières années à concevoir des ensembles mécaniques pouvant inclure des dispositifs automatisés (LHCb, OPERA, HESS2), des chambres à vide et des composants optiques (Virgo). Avec l'expérience AMS2 nous avons mis en œuvre des procédures de développement très cadrées, typiques des projets spatiaux. Plus récemment nous nous sommes impliqués dans l'étude de nouvelles générations de détecteurs pour les futurs collisionneurs linéaires (MICROMEAS) et le comportement de systèmes mécatroniques à l'aide d'outils de simulation et d'appareillages de mesure permettant la mise au point de boucles de contrôle (LAViSta).

Les contributions aux expériences du CERN qui ont toujours été très fortes se prolongent dès maintenant par une implication dans l'upgrade d'ATLAS par le biais d'études des services (boucles de refroidissement, câbles électriques et fibres optiques). L'implication du service de mécanique dans la construction de très grands télescopes (HESS2) et l'expérience acquise en analyse dynamique nous conduisent naturellement à nous impliquer dans le futur projet de réseau de télescopes CTA.

Les expériences auxquelles nous contribuons ont trait à la fois aux problématiques des détecteurs pour la physique des particules et l'astrophysique, mais aussi des accélérateurs. Elles s'inscrivent la plupart du temps dans des collaborations internationales.

Pour s'engager et mener à bien ses projets, le service mécanique du LAPP non seulement s'appuie sur son expertise acquise mais met en œuvre les moyens nécessaires pour développer de nouvelles compétences en interne, et trouver au besoin les ressources externes pour explorer de nouveaux domaines. Ce fut le cas

notamment au cours des dernières années des études dynamiques d'abord avec LHCb puis avec HESS2/CTA et LAViSta pour laquelle nous avons de plus introduit les aspects d'automatique et d'asservissement. D'autre part OPERA, LHCb et HESS2 ont permis en plus de notre expertise en construction mécanique de développer l'activité automatisée.

### Collaboration

Des collaborations au niveau développements technologiques et études phénoménologiques sont ainsi nées en particulier avec l'école d'ingénieur Polytech'Savoie et le CERN (automatisme et mécatronique) et Pascal Hémon du laboratoire LadHyX de l'Ecole Polytechnique (étude des effets du vent sur les structures). Nous avons aussi développé des actions de partenariat au niveau de l'atelier avec l'IPN de Lyon et le CPPM afin de mieux gérer les variations de charge de travail.

### Une organisation souple et performante au service des expériences

**L**e service mécanique du LAPP comprend 8 ingénieurs et 6 assistants ingénieurs au bureau d'études et 3 assistants ingénieurs et 5 techniciens à l'atelier. De plus 2 ingénieurs et 2 assistants ingénieurs du bureau d'études ont un profil plutôt orienté « instrumentation-automatisme-automatique ».

Tout en appartenant à la « communauté service » les mécaniciens-instrumentalistes collaborent aux projets scientifiques du laboratoire au sein d'équipes techniques projets. Ces groupes, comprenant de 2 à 10 personnes pilotées par un ingénieur, prennent en charge le développement de systèmes à dominante mécanique, répondant aux besoins exprimés par les expériences du laboratoire. Ils mettent en œuvre les actions de R&D, de conception, de prototypage et tests, de suivi de sous-traitance et de fabrication en interne, d'installation, de mise en service sur les sites expérimentaux, de maintenance et de démantèlement.

Les savoir-faire

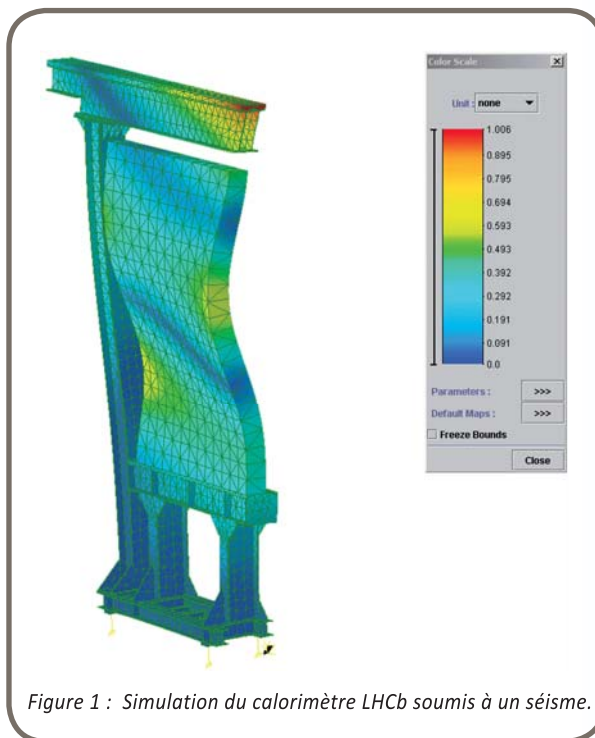


Figure 1 : Simulation du calorimètre LHCb soumis à un séisme.

L'organisation du service de mécanique permet à la fois de répondre aux demandes des projets de physique et de développer les compétences métier nécessaires pour apporter aux expériences des contributions techniques reconnues.

Conception et réalisation sont intimement liées dans nos projets. Tous les membres des équipes sont partie prenante dans les développements. Les assistants ingénieurs et techniciens assurant la réalisation et le montage sont associés à la conception et les concepteurs suivent les travaux de fabrication et d'installation. Cette organisation permet de limiter les risques de non-conformités. Les membres du service peuvent être amenés à collaborer à plusieurs expériences en fonction des besoins.

La souplesse de cette organisation nous permet de gérer l'évolution des métiers et des compétences particulières nécessaires pour relever les défis techniques. L'accès à la formation permanente de l'IN2P3 et du CNRS et les actions spécifiques menées par le LAPP sont essentielles pour garantir un haut niveau de performance.

L'activité instrumentation est naturellement associée aux développements mécaniques dans notre service.

Le service de mécanique participe également à des actions nationales (organisation d'écoles, direction du réseau calcul mécanique IN2P3, participation aux réseaux métiers). Ces collaborations permettent d'améliorer l'efficacité des pratiques. Ces liens forts avec les autres

mécaniciens de l'IN2P3 et plus généralement du CNRS sont indispensables pour garantir un haut niveau de technicité.

En plus de leurs activités dans les projets, certains membres du service ont la responsabilité de tâches liées à son fonctionnement (outils métiers, informatique, documentation...).

Les groupes techniques projets sont amenés régulièrement à présenter l'état d'avancement de leurs travaux dans le cadre de réunions de collaborations internationales. L'organisation des expériences conduit à la fois à une forme de compétition pour dégager les meilleures solutions techniques et une forte collaboration pour faciliter la synergie entre les équipes.

## Nos compétences au cœur des projets récents

Si le cœur de métier du service de mécanique du LAPP est assez fortement représenté (conception et réalisation de structures mécaniques et de mécanismes) d'autres domaines techniques connexes ont été explorés.

L'expérience LHCb nous a conduits à concevoir et faire réaliser des structures mécano-soudées de grandes dimensions (jusqu'à 10 m de hauteur) dont la fabrication a été sous-traitée dans des sociétés européennes via des appels d'offres gérés en collaboration avec le CERN. Le besoin de comprendre le comportement des éléments soumis à un séisme (Figure 1) nous a

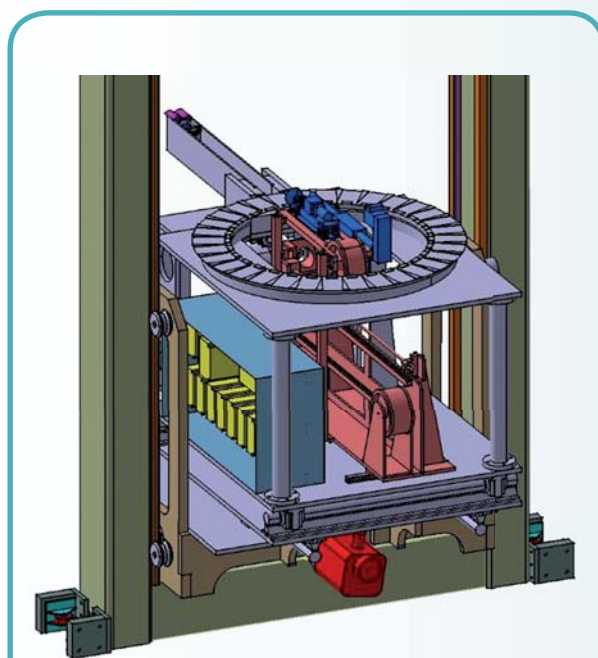


Figure 2 : Manipulateur de briques OPERA.

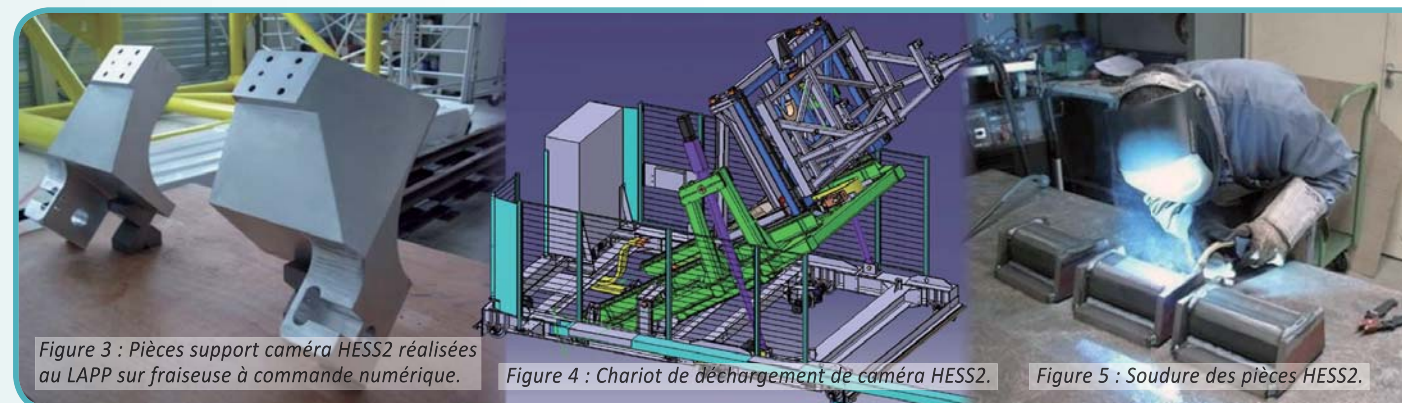


Figure 3 : Pièces support caméra HESS2 réalisées au LAPP sur fraiseuse à commande numérique.

Figure 4 : Chariot de déchargement de caméra HESS2.

Figure 5 : Soudure des pièces HESS2.

conduits à étudier les méthodes de simulation dynamique avec le logiciel SAMCEF. Cette expérience a ensuite été mise à profit dans le cadre de l'expérience CNGS au CERN. Une équipe d'automaticiens du service a également conçu le système de contrôle commande des déplacements des détecteurs.

Une équipe multidisciplinaire de mécaniciens et d'automaticiens a conçu et réalisé (en grande partie au LAPP) le « manipulateur de briques » de l'expérience OPERA (Figure 2). Une collaboration étroite a permis de développer les mécanismes permettant d'assurer les mouvements et conjointement de les automatiser. Des ingénieurs, assistants ingénieurs et techniciens ont installé et finalisé la mise au point de l'ensemble en Italie. Un partenariat avec l'école d'ingénieur d'Annecy-le-Vieux Polytech'Savoie a apporté au projet une plus value dans le domaine de l'automatisme.

Le potentiel technique développé en construction de grandes structures et en automatisme (LHCb, OPERA) a été mis à profit dans l'expérience HESS2 qui a vu elle aussi les deux disciplines s'unir pour développer le support de caméra (Figure 3) et la station de déchargement (Figure 4). A cette occasion un technicien a pu valoriser son expérience de soudeur en obtenant une certification reconnue par la profession (Figure 5). Ce projet, qui a été l'occasion de développer l'utilisation de la CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur) avec CATIA dans le service, sera finalisé en 2010 par l'installation des composants en Namibie.

Des actions ont été menées avec l'ingénieur qualité du LAPP pour

les expériences AMS2, OPERA et HESS2 afin d'améliorer le pilotage des projets. Elles ont permis un suivi rigoureux des plannings ainsi qu'une bonne coordination des différents groupes techniques (mécanique, électronique et informatique). Un effort particulier a également été entrepris pour mettre en œuvre et formaliser les opérations de test et contrôles et assurer une gestion performante de la documentation. Notre effort constant depuis le début des années 1990 nous a conduits ces dernières années à participer à l'évolution de l'expérience Virgo au travers de l'amélioration des bancs optiques.

Depuis quelques années le service de mécanique du LAPP a étendu son champ d'action à la thématique des accélérateurs au travers du projet LAViSta. L'expérience acquise dans le domaine de l'étude du comportement dynamique des structures et la collaboration avec Polytech'Savoie a donné l'impulsion nécessaire pour traiter ces problématiques de stabilisation de faisceau à la précision du nanomètre (Figure 6). Ces études s'inscrivent dans la thématique « mécatronique » qui se développe sur le campus d'Annecy-le-Vieux.

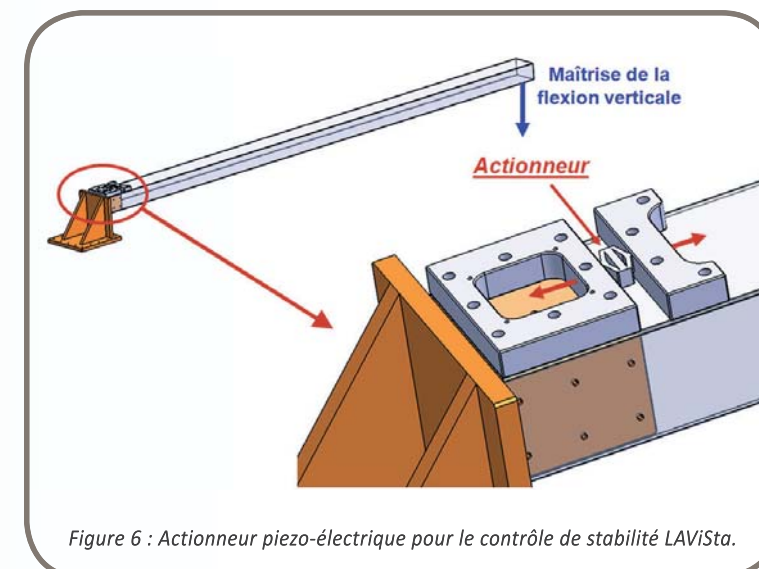


Figure 6 : Actionneur piezo-électrique pour le contrôle de stabilité LAViSta.



Figure 7 : Supports d'aimants de l'accélérateur ATF2 (Japon).

Les travaux entrepris au LAPP ont récemment conduit à la mise en place par nos équipes d'un prototype au Japon (Figure 7).

## Des moyens indispensables à la réussite des projets

L'IAO (Ingénierie Assistée par Ordinateur) est implantée depuis longtemps au LAPP. Le déploiement d'EUCLID (Conception Assistée par Ordinateur) à l'IN2P3 y a été initié, on y trouve les premiers projets de grande taille multi-utilisateurs ayant migré vers la base de données Smarteam. Le calcul par éléments finis est depuis près de 20 ans (avec SYSTUS puis maintenant SAMCEF) un outil important utilisé par les ingénieurs pour concevoir et valider les développements. Tous les concepteurs modélisent leurs systèmes à l'aide de CATIA et tous les projets gèrent leurs données CAO avec Smarteam. Grâce à l'IN2P3 nous avons accès à des outils très puissants et mondialement reconnus.

Si les réalisations de grande ampleur sont confiées à l'industrie, nous disposons d'équipements nous permettant de réaliser des ensembles mécaniques de taille moyenne ou de prototypes. Ces moyens sont indispensables pour pouvoir répondre rapidement aux besoins des développements. En plus de machines conventionnelles, nous sommes équipés d'un tour et d'un centre d'usinage à commande numérique. Nous avons récemment complété notre équipement en investissant dans des équipements de chaudronnerie (plieuse et poste de soudage TIG).

Dans le domaine de l'automatisme des réalisations sont également entreprises en interne : instrumentation des structures, câblage des armoires de commande, etc. Nous sommes équipés de nombreux matériels de test et mesures : test ultrasons, binoculaire à caméra CCD, détecteur de fuites, chambre de cyclages thermiques, machine de traction, machine de contrôle géométrique 3D, système d'analyse dynamique (PULSE).

## Un avenir sous le signe du mouvement (stratégie pour 2010-2014)

Le service de mécanique du LAPP a fait preuve de son potentiel à mener à bien des projets de taille conséquente en relevant les défis techniques qui se présentaient à lui. Un effort particulier a été entrepris ces dernières années afin d'améliorer la gestion des projets et de s'inscrire dans une politique qualité ambitieuse et adaptée à notre environnement. Ce travail sera poursuivi en collaboration avec notre ingénieur qualité de façon à augmenter notre efficacité. Le service de mécanique du LAPP a contribué à nombre de grandes expériences dans les domaines de la physique des particules et de l'astrophysique en apportant des contributions techniques inscrites dans un champ élargi autour de son cœur de métier. Une culture du pilotage des projets en lien avec la cellule qualité, permettant à la fois la prise en compte des besoins scientifiques et la maîtrise des impératifs de développement, nous permet d'être réactifs vis à vis des demandes des groupes expérimentaux. La ligne de développement Accélérateur soutenue par le projet LAViSta va dans les années à venir monter en puissance car la stabilisation des faisceaux est l'une des problématiques importantes des futurs accélérateurs. L'équipe du LAPP travaille notamment en collaboration avec le CERN dans le cadre du projet CLIC et d'autres perspectives de débouchés sont actuellement à l'étude.

Notre implication notable dans le projet Virgo nous permet d'envisager une participation à l'évolution de l'expérience. Nous avons depuis peu la responsabilité de la conception d'un robot destiné au traitement correctif de miroirs

de grandes dimensions, robot développé en collaboration avec le LMA de Lyon. Le LAPP a également la responsabilité de l'étude d'un nouveau système de distribution d'air propre à flux laminaire à implanter dans les tours.

Les travaux que nous avons menés dans le domaine de l'étude du comportement dynamique des structures nous conduisent à nous impliquer dans le développement des futurs réseaux de télescopes du projet CTA grâce à la collaboration menée avec le LadHyX qui nous apporte l'expertise dans le domaine de l'étude des effets du vent sur les structures. L'embauche récente en CDD d'un ingénieur doit permettre d'apporter une contribution significative au projet. Les outils de simulation dont nous disposons (notamment BOSS QUATTRO) permettent d'étudier comment optimiser les structures pour diminuer les coûts.

Notre implication dans les expériences du CERN va se poursuivre grâce à notre contribution à l'upgrade du détecteur de traces d'ATLAS qui devrait aboutir d'ici une dizaine d'années. Notre expérience dans le domaine de la simulation par éléments finis nous permet

de prendre part à l'étude des phénomènes thermomécaniques induits dans les détecteurs siliciums et leurs supports (majoritairement composés de matériaux composites, mousses de carbone, titane). Nous contribuons également à la définition des services (circuits de refroidissement, câbles et fibres optiques) en étudiant les problèmes de connexions et de routage. Ces travaux multidisciplinaires sont menés en collaboration avec des électroniciens. Des actions de R&D sont menées en interne pour qualifier les solutions et des démarches sont entreprises auprès d'industriels pour satisfaire nos cahiers des charges très spécifiques. Sur le plan des équipements du service, un projet d'investissement d'un deuxième centre d'usinage à commande numérique est à l'étude ; il se justifie par la charge importante de l'équipement actuel.

Grâce à son potentiel humain, son organisation et ses moyens techniques le service de mécanique du LAPP peut, grâce au soutien du laboratoire et de l'IN2P3, être un acteur reconnu par les collaborations internationales auxquelles il contribue.

## L'équipe du LAPP

**Bureau d'études:** Y. Bastian, L. Brunetti, F. Cadoux (-> 2008), M. Cailles, P. Delebecque (Responsable réseau calcul mécanique IN2P3), G. Deleglise, G. Gaillard, C. Girard, N. Geffroy, A. Jérémie, B. Lieunard, I. Monteiro, P. Mugnier, T. Rambure, T. Yildizkaya

**Atelier :** J. Ballansat, J.-P. Baud, P. Baudin, Y. Beeldens, J.-M. Dubois, L. Giacobone, L. Journet, F. Peltier

**Stagiaires :** Ingénieur (4), Licence (1), IUT (7), Bac Pro (1)