
Contribution aux exercices de prospective nationale 2020- 2030

Détecteurs et instrumentation associée

CHAMBRES À FILS DE NOUVELLE GÉNÉRATION

Auteur principal

Nom : CHARLES Gabriel

Affiliation : CNRS/IN2P3/IPNO

Email et coordonnées : charlesg@ipno.in2p3.fr

Co-auteurs (inclure aussi les collaborateurs internationaux si existants)

Laurent Audouin (IPNO), Julien Bettane (IPNO), Martine Bony (LPC), Jean-Claude Buffet (ILL), Sylvain Cuccaro (ILL), Carlos Domingues Goncalves (IPNO), Raphaël Dupré (IPNO), Christian Fayard (LPC), Bruno Guérard (ILL), Olivier Guillaudin (LPSC), Mikat Imre (IPNO), Frédéric Jouve (LPC), Julien Marchal (ILL), Bernard Mathon (IPNO), Marie-Lise Mercie (LPC), Nicolas Sartor (ILL),

Contribution à rédiger en français ou en anglais et à envoyer à PROSP2020-GT08-COPIL-L@IN2P3.FR
avant le **1^{er} novembre 2019**

1. Informations générales

Titre : Nouvelle génération de chambre à fils

Acronyme :

Résumé (*max. 600 caractères espaces compris*)

Les chambres à fils permettent de couvrir de grandes surfaces tout en minimisant la quantité de matière. Elles sont utilisées en physique nucléaire, des particules, médicale et d'autres applications industrielles. Grâce aux progrès de la technique de nombreuses limites de ces chambres peuvent être repoussées : quantité de matière, densité de fils, type de fils utilisé, contraintes sur l'électronique, rapidité. Afin de répondre à ces défis et d'ouvrir le futur des chambres à fils, nous avons constitué une large collaboration de techniciens, ingénieurs et chercheurs spécialistes du domaine.

Préciser le domaine technologique (*plusieurs choix possibles*)

- ☐ Détecteurs gazeux (Micromegas, GEM, TPC...)
- ☐ Micro-électronique, Electronique Front End
- ☐ Mécanique, intégration
- ☐ Chambres à fils, chambres à dérive

Préciser la motivation principale de recherche visée par la contribution :

- ☐ R&D Trajectographe
- ☐ R&D Identification de particules

2. Description des objectifs scientifiques et techniques

L'objectif est de mettre au point des chambres à fils de nouvelle génération, plus légères et plus rapides en s'appuyant sur des techniques modernes de fabrication. Les expériences existantes utilisant des chambres à fils ou à dérive sont nombreuses car ce type de détecteur reste le plus adapté pour la trajectographie de particules lorsque la rapidité et la diffusion multiple due au matériau sont essentielles. C'est ainsi que Belle II au Japon, SOFIA [1,2] à GSI, ALERT [3] à JLab, ou le projet ENDURANCE à l'ILL prévoient le développement de chambres à fils toujours plus complexes. En se basant sur les connaissances et équipement disponibles, nous mènerons une R&D afin de repousser les limites des chambres à fils. Cette recherche s'effectuera selon plusieurs axes :

- utilisation de fils plus légers ;
- développement de nouveaux systèmes de fixation des fils ;
- développement de métiers à tisser adaptés et adaptables ;
- adaptation des cartes de lecture ;
- étude des apports dus à la résistivité de certains fils ;

L'utilisation de fils plus légers améliore les chambres pour deux raisons. La première est qu'un fil dont la densité est plus faible nécessite pour être maintenu en place, une tension mécanique plus faible. Les contraintes sur la structure sont donc relâchées, ce qui permet de construire une structure plus légère qui perturbe donc moins les particules. La seconde est que des fils moins denses ont une probabilité d'interaction plus faible avec les particules incidentes ce qui réduit la diffusion multiple. Ces deux points sont essentiels lorsque les particules à détecter sont des noyaux, des particules ayant peu d'énergie ou lorsqu'une haute résolution spatiale est nécessaire. Nous développerons des méthodes pratiques pour la fabrication de chambres à fils de carbone ou d'aluminium. Il n'existe pour le moment pas de technique fiable pour fixer facilement un grand nombre de fils d'aluminium ou de carbone. Quelques groupes ont utilisé des fils de carbone de moins de 10 microns [4] mais l'utilisation reste anecdotique tant la technique est peu fiable. Notre mettrons au point une méthode robuste permettant d'utiliser et de fixer ces fils. Pour cela, nous moderniserons des équipements existants tels que le métier à tisser disponible au LPSC de Grenoble. Ces recherches s'appuieront sur les résultats préliminaires prometteurs d'un groupe de l'institut sur l'utilisation de fils de carbone de 34 microns de diamètre dans des chambres à fils [5].

Un autre axe de recherche est celui de l'adaptation des cartes d'électronique. En effet, l'augmentation du nombre de fils lus dans un petit espace implique également une densification des cartes de lecture. Nous établirons un protocole de fabrication pour ces cartes sous forme de conseils aux concepteurs afin d'éviter les erreurs répétitives ou la perte de temps lorsque les recherches ont déjà été effectuées. Cela concernera le type de PCB à utiliser aussi bien que des conseils sur les connecteurs les plus adaptés.

Enfin, les apports des propriétés de résistivités des fils de carbone seront étudiés. Selon la résistance du fil, il est en effet possible d'obtenir des taux de comptage plus élevés et une résolution spatiale le long du fils meilleure que pour des fils de tungstène standards.

3. Livrables associés, calendrier et budget indicatifs (1 page max. incl. figures)

Le livrable principal de cette recherche est une chambre à fils de carbone et une chambre à fils d'aluminium. En se basant sur les chambres à fils développées pour l'expérience SOFIA, nous en développerons une spécifiquement pour fils de carbone. Cette chambre montrera la possibilité d'utilisation des fils de carbone pour des chambres à fils.

Il faudra ensuite pousser la technique et développer des chambres multi-couches afin de prouver les capacités à être utilisées dans des conditions difficiles. Nous nous appuierons également sur la R&D pour le projet ALERT qui est en train de mettre au point une chambre à fils cylindrique dont les fils sont distants de 2 mm. Cette distance est la plus petite jamais réalisée pour une chambre cylindrique. Nous utiliserons leur système de fixation et l'adapterons aux fils de carbone. Pour l'électronique, le livrable sera un rapport ensuite mis en ligne pour expliquer certaines de techniques mises en place pour assurer la lecture de fils aussi proches ainsi que la connexion au fils de carbone ou d'aluminium pour laquelle aucune technique fiable n'existe pour le moment.

Les avancés dans ce domaine ont pour le moment deux sources de financement, le labex P2IO qui grâce à un soutien de 50 k€ a permis indirectement d'amorcer la recherche sur la fixation de fils de carbone. Ensuite le projet ALERT ayant obtenu une ERC starting grant, 100 k€ sont prévus pour l'instrumentation. La totalité de cette somme n'est pas dédiée à la recherche sur la fixation des fils mais elle a permis de continuer ce qui avait été initié avec les fonds P2IO. ALERT, bien qu'ayant soutenu la phase de recherche, est maintenant en phase de développement. Il n'est donc plus possible de s'appuyer sur les fonds ou la main d'œuvre de ce projet.

Cette R&D sera menée par un doctorant qui développera tous les bancs de tests, essais en faisceau et analyse des résultats par la suite. La présence au sein du groupe d'un dessinateur mécanicien est aussi nécessaire. Le doctorant, son responsable et le mécanicien seront amenés à se déplacer, par exemple à Grenoble, au sein de l'ILL ou pour mener des tests avec le métier à tisser du LPSC. Un budget de 5 k€ est nécessaire pour soutenir ses déplacements. Pour la fabrication de chambres à fils de carbone, le budget se répartit comme suit :

- 5 k€ pour un premier prototype simple et plat ;
- 15 k€ pour un prototype de détecteur selon le modèle de ceux développés pour SOFIA ;
- 25 k€ pour un prototype multicouches ;

Nous estimons le temps nécessaire à cette R&D d'environ trois ans. Cette durée commencera dès l'embauche du doctorant.

4. Impact (1/2 page max.) (optionnel)

L'IN2P3 a conçu et conçoit de nombreuses chambres à fils de grandes qualités pour des expériences nationales et internationales telles que celles menées au GANIL ou au CERN. Les chambres à fils du bras di-muon d'ALICE [6] sont par exemple un modèle de conception par leur robustesse et fiabilité. Cependant, de nouvelles technologies se sont développées. En investissant peu, l'IN2P3 a la capacité de devenir leader et une référence dans ce domaine grâce au développement de chambres à fils de nouvelle génération. Les recherches menées dans ce domaine feront l'objet d'articles et seront présentées lors de conférences internationales.

Les connaissances acquises permettront alors à l'IN2P3 de se positionner pour équiper les futures grandes expériences. Le Super FRS à GSI ou la future salle HEB nécessiteront certainement des chambres à fils de nouvelle génération.

5. Références

[1] **The SOFIA experiment**, G. Boutoux et al. Physics Procedia, vol .47, 2013, pp 166-171
<https://doi.org/10.1016/j.phpro.2013.06.024>

[2] **Accurate isotopic fission yields of electromagnetically induced fission of ^{238}U in inverse kinematics at relativistic energies** , E. Pellereau et al., Phys. Rev. C 95, 2017 <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.95.054603>

[3] **ALERT : A Low Energy Recoil Detector**, G. Charles. Proceedings of the first French-Ukrainian workshop on the instrumentation developments for HEP
http://inspirehep.net/record/1470833/files/1411220_80-85.pdf?version=1

[4] **One dimensional propotional counters for X-ray all sky monitor**, M. Matsuoka et al., Proceedings of SPIE.
<https://doi.org/10.1117/12.48321>

[5] **Carbon wire chamber at sub-atmospheric pressure**, G. Charles et al., Nucl. Inst. A, vol 855, 2017, pp 155-158

[6] **A full-scale prototype for the tracking chambers of the ALICE muon spectrometer.**, J. Peyre et al., <https://edms5.cern.ch/document/106760/1.0>