Contribution aux exercices de prospective nationale 2020-2030

Détecteurs et instrumentation associée

CIBLE ACTIVE ET TPC POUR LA PHYSIQUE NUCLEAIRE

Auteur principal

Nom : Thomas ROGER

Affiliation : GANIL

Email et coordonnées : thomas.roger@ganil.fr, GANIL, Bd. Henri Becquerel, BP 55027
14076 CAEN Cedex 05

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

Jérôme Giovinazzo, CENBG
Julien Pancin, GANIL
Thomas Roger, GANIL

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

1. Informations générales

Titre : Cible Active et TPC pour la physique nucléaire

Acronyme : *(optionnel)*

Résumé *(max. 600 caractères espaces compris)*

L'utilisation des détecteurs à gaz en physique nucléaire s'est largement répandue, pour les mesures de trajectoires des produits des réactions ou des décroissances étudiées. ACTAR TPC, qui est une réalisation récente dans ce domaine résultant des efforts joints des collaborations autour des dispositifs précédents MAYA et TPC-CENBG, a montré sa capacité à répondre aux exigences des nouvelles expériences. Outre la phase d'exploitation qui s'ouvre maintenant, un certain nombre de pistes sont ouvertes pour améliorer les performances du dispositif et/ou élargir son champ d'utilisation.
(587 caractères)

Préciser le domaine technologique *(plusieurs choix possibles)*

- ○ Détecteurs semi-conducteurs (Si, Ge, HgCdTe, Diamant…)
- × Détecteurs gazeux (Micromegas, GEM, TPC…)
- ○ Scintillateurs
- ○ Photo-détecteurs (SiPM, PMT…)
- ○ Détecteurs cryogéniques (KIDS, bolomètres…)
- × Micro-électronique, Electronique Front End
- × Acquisition de données, Temps réel
- ○ Mécanique, integration

Préciser la motivation principale de recherche visée par la contribution :

- ○ R&D Calorimétrie
- × R&D Trajectographe
- × R&D Identification de particules
- ○ R&D Détection de neutrons
- ○ R&D Détection d'ondes gravitationnelles
- ○ R&D Détecteurs de neutrinos
- ○ R&D Détection de gammas
- ○ R&D Détecteurs imagerie médicale
- ○ *Autre R&D spécifique : (préciser)*

2. Description des objectifs scientifiques et techniques *(1 page max incl. figures)*

Décrire les objectifs de la contribution en en précisant les motivations.
Préciser comment ces objectifs se situent par rapport à l'état de l'art et au contexte international (ex : est-ce une contribution visant un développement théorique ou expérimental ? Est-elle dans la continuité de concepts ou technologies existants, ou bien est-ce une nouvelle approche conceptuelle ?)
Préciser les liens existants ou envisagés avec d'autres projets nationaux ou internationaux existants ou envisagés.

Le dispositif ACTAR TPC a été développé pour répondre aux besoins actuels des expériences de physique nucléaires portant sur des mesures de réactions et de décroissances exotiques, par la mesure des trajectoires des particules chargées (protons et ions). Cet instrument a été utilisé avec succès lors de tests avec les démonstrateurs (2048 voies) réalisés au GANIL et au CENBG, d'une expérience de *commissioning* réalisée en 2017 et des premières expériences en 2019 (l'une en mode cible active, l'autre en mode détecteur de décroissance) avec un détecteur de 16384 voies.
Suite à ces premiers retours d'expérience, un certain nombre d'évolutions sont envisagées dans les années à venir, afin d'une part de corriger des problèmes identifiés et d'autre part de dépasser certaines limitations actuelles pour étendre le domaine d'exploitation de l'instrument.
Le dispositif a été dès le début conçu avec 2 géométries possibles, basées sur un plan de pads carré (chambre « cubique ») ou rectangulaire (chambre « cuboïde »). Cette dernière est en cours de finalisation et il est important dans un premier temps de la tester et de la valider. Dans le même temps, alors que 2 techniques différentes ont été mises en œuvre pour les plans de pads (circuit PCB standard ou circuit à cœur métallique), les plans de pads actuels présentent des défauts (pads ou zones défectueuses) qui doivent être corrigées par des corrections mineures des techniques de fabrication.
L'utilisation du dispositif avec des gaz purs tels que H_2 ou ^4He, nécessaires pour un certain nombre d'expériences en mode « cible active », est particulièrement difficile en raison de la faiblesse des signaux générés. Un développement envisagé est alors la modification de l'amplification du signal collecté (actuellement assurée par un « micromegas ») en utilisant des dispositifs de type GEM (*Gas Electron Multiplier*). De plus pour des gaz très onéreux comme ^3He, il est possible de limiter le volume de gaz à la zone d'interaction du faisceau, dans un cylindre à l'intérieur de la chambre, alors que le reste de la zone d'ionisation est remplie d'un gaz standard. De même, pour les gaz relativement onéreux tels le deutérium, il serait intéressant d'équiper ACTAR TPC d'un

système de recirculation de gaz, afin de limiter les coûts pour des expériences longues. Enfin, toujours en mode « cible active », alors qu'une proportion importante du faisceau ne donne pas lieu aux réactions étudiées mais produit un signal important sur les pads centraux, il est envisagé de définir un masque de faisceau pour limiter ce signal. Une telle technique a déjà été réalisée sur le détecteur MAYA.

Une autre piste d'amélioration est le développement de la détection auxiliaire, qui peut être placée à l'intérieur de la chambre :

- réalisation de murs de détecteurs de type LaBr3 pour une détection du rayonnement gamma avec une efficacité raisonnable ;
- utilisation de détecteurs silicium ou CSI pour ions qui sortent du volume actif ; ceci doit inclure la possibilité de traitement des signaux (*Pulse Shape Analysis*) pour l'identification des ions ;
- utilisation de plans de scintillateurs plastiques pour mesures en coïncidence (ou anti-coïncidence) des particules β dans les mesures de décroissance.

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

Préciser les objectifs décrits (étude conceptuelle, expérience, prototypage, construction…) et leur échéance, en précisant si possible les partenaires envisagés.
Evaluer grossièrement l'ordre de grandeur du financement nécessaire (coût complet, en distinguant équipements/consommables et ressources humaines). Préciser s'il existe déjà ou s'il est envisagé d'autres sources de financement.

2020/2021 : finaliser un plan de pads parfait, tester le détecteur rectangulaire, réaliser un masque haute intensité, réaliser les expériences acceptées au GANIL.

2022/2023 : Utiliser des GEMs en plus ou la place du micromegas afin de travailler en gaz purs sans quencher avec la réalisation d'un prototype avant le détecteur de taille réelle.

2024/2025 : L'utilisation de gaz spécifiques comme le ^{3}H ou le ^{3}He est difficile vu le volume de la chambre. Une solution consiste à isoler ce gaz dans un plus petit volume au niveau du faisceau. C'est un développement ambitieux et cette cible gazeuse pourrait être adaptée sur d'autres instruments.

2022… : les détecteurs ancillaires couvrent les murs autour de la cible active. De nouveaux agencements tels que les phoswitchs par exemple permettent une identification des noyaux à partir d'une analyse en forme de signal (PSA). Le développement d'un mur de ce type est à l'étude autour d'ACTAR mais aussi au bout du spectromètre LISE.

Un budget récurrent de 25kE par an sur au moins les 5 prochaines années est raisonnable pour faire tourner les expériences et réaliser ces développements. Les ressources humaines dédiées à ACTAR sont en gros de 3 ETPs au niveau des labos de l'in2p3 (GANIL et CENBG).

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

Décrire les retombées envisageables par le développement pour des applications sociétales.
Le cas échéant, préciser les partenariats industriels envisageables.

5. Références

- ACTAR TPC website: https://www.ganil-spiral2.eu/en/scientists/ganil-spiral-2-facilities/instrumentation/actar/
- Commissioning of the Active Target and Time Projection Chamber (ACTAR TPC), B. Mauss *et al.*, Nucl. Instr. And Methods A 940, 498 (2019)

- Demonstrator Detection System for the Active Target and Time Projection Chamber (ACTAR TPC) Project, T. Roger *et al.*, Nucl. Instr. And Methods A 895, 126 (2018)
- Metal-core pad-plane development for ACTAR TPC, J. Giovinazzo et *al*., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 892 (2018) 114–121
- MICROMEGAS calibration for ACTAR TPC , B. Mauss, T. Roger, J. Pancin, S. Damoy and G.F. Grinyer, EPJ Web Conferences, **174**, 01010 (2018)
- GET: A generic and comprehensive electronics system for nuclear physics experiments, E.C. Pollacco et *al*., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 887 (2018) 81–93
- GET electronics samples data analysis, J. Giovinazzo et *al*., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 840 (2016) 15–27
- Tests of Micro-Pattern Gaseous Detectors for active target time projection chambers in nuclear physics, J. Pancin et al., Nucl. Instr. And Methods A 735, 532 (2013)