
Contribution aux exercices de prospective nationale 2020-2030

Détecteurs et instrumentation associée

XN SPHERICAL PROPORTIONAL COUNTER

Auteur principal

Nom : Dastgheibi Fard

Affiliation : LPSC

Email et coordonnées : ali.dastgheibi-fard@lpsc.in2p3.fr 0479055455

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

Zampaolo Michel LPSC zampaolo@lpsc.in2p3.fr

Signataires:

Busto	José	CPPM	busto@cppm.in2p3.fr
Gerbier	Gilles	Queen's	gilles.gerbier@queensu.ca
Giomataris	Ioannis	CEA	ioannis.giomataris@cea.fr
Giroux	Guillaume	Queen's	ggiroux@OWL.PHY.QUEENSU.CA
Gros	Michel	CEA	michel.gros@cea.fr
Gros	Phlippe	Queen's	pg72@queensu.ca
Guillaudin	Olivier	LPSC	guillaud@lpsc.in2p3.fr
Lautridou	Pascal	Subatech Cean	pascal.lautridou@subatech.in2p3.fr
Meregaglia	Anselmo	CENBG	anselmo.meregaglia@cern.ch
Mols	Jean-Philippe	CEA	jean-philippe.mols@cea.fr
Muraz	Jean-François	LPSC	muraz@lpsc.in2p3.fr
Santos	Daniel	LPSC	daniel.santos@lpsc.in2p3.fr
Vescovi	Christophe	LPSC	vescovi@lpsc.in2p3.fr

1. Informations générales

Titre : xN Spherical Proportional Counter

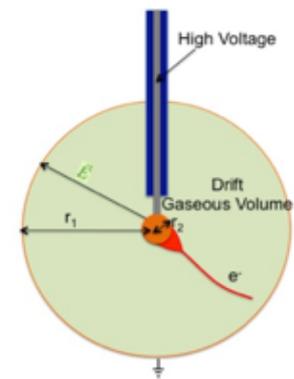
Acronyme : xNSPC

Résumé

Le compteur proportionnel sphérique gazeux, SPC (Spherical Proportional Counter), est un nouveau concept de détecteur de particules [1]. Ses principales avantages sont : **un seuil très bas en énergie indépendant du volume**, (faible capacité électronique, <1pF), **une bonne résolution en énergie**, une grande robustesse et une seule voie de lecture pour la version **single-ball** ou segmentation de volume de détection avec la version **multi-ball** [2].

Ce type de détecteur a la flexibilité de la masse de la cible, aussi bien que la nature de la cible elle-même, ce qui élargit son champ d'application dans le domaine de la physique fondamentale : physique des neutrinos [3], matière noire [4], physique de SuperNovae

Le SPC, inventé par Ioannis Giomataris, est un nouveau concept de détecteur de particules basé sur une géométrie sphérique. Il est constitué d'un grand volume rempli de gaz avec une seule voie de mesure *: l'électrode centrale. Celle-ci se présente sous la forme d'une petite bille portée à un haut potentiel, disposée au centre de l'enceinte sphérique qui est elle-même reliée à la masse. Le champ électrique radial qui règne dans le volume gazeux fait migrer les ions vers la cathode et les électrons vers l'anode où ils peuvent être amplifiés par le phénomène d'avalanche. L'utilisation de matériaux connus pour leur grande radiopureté, comme le cuivre, permet d'atteindre une sensibilité maximale en diminuant au maximum le bruit de fond.



Principe de détection

Les deux premiers détecteurs déjà fabriqués pour la recherche de la matière noire et dans le cadre de la **collaboration internationale NEWS-G** sont : **SEDINE** (NEWS-G_LSM) [5] en 2012 et **SNOGlob** (NEWS-G_SNO) [6] en 2018-2019 avec les matériaux ultra purs. **Pour les années à venir, nous souhaitons développer les deux instruments suivants : une sphère 6N pour gagner deux ordres de grandeur en pureté de cuivre comparé avec les deux versions précédentes puis, une sphère xN, fabriquée entièrement en site souterrain, à l'abri du rayonnement cosmique, par le procédé d'électroformage du cuivre.**

* La version simple de SPC, single-ball, prévoit une seule voie de lecture. Aujourd'hui, la version multi-ball (Achinis) [x] en utilisant plusieurs ball/voies de lecture, permet de segmenter le volume de détection.

Préciser le domaine technologique

- Détecteurs gazeux (Micromegas, GEM, TPC...)

Préciser la motivation principale de recherche visée par la contribution :

- R&D Identification de particules
- R&D Détection de neutrons
- R&D Détecteurs de neutrinos
- R&D Détection la matière noire

2. Description des objectifs scientifiques et techniques

Depuis plusieurs années est apparu un intérêt scientifique croissant pour la recherche des WIMPs, notamment pour la masse inférieure à 1GeV. Parmi les différentes expériences fonctionnant dans cette gamme d'énergie comme DAMIC, CRESST, Edelweiss SubGeV..., **NEWS-G**, utilise la technologie d'un compteur proportionnel sphérique gazeux (SPC, Spherical Proportional Counter) et tente d'explorer ce nouvel horizon.

Le premier détecteur construit en 2012 avec des matériaux basse activité était SEDINE (NEWS-G_LSM) utilisant un cuivre de qualité NOSV d'une pureté de 99.99%. Ce dernier s'inscrivait dans le cadre de la collaboration internationale NEWS-G où notamment plusieurs laboratoires de l'in2p3 sont impliqués. Grâce aux données prises avec SEDINE dans 3 bars de mélange de Ne + 0.7%CH₄, les premiers résultats ont permis de donner la limite de détection des WIMPs à basse masse [4].

SNOGlob (NEWS-G_SNO), la 2nd génération de détecteur sphérique après SEDINE – financée par Queen's University au Canada et l'ANR NEWS – dédiée également à la recherche de la matière noire, a été principalement conçue grâce au savoir-faire du LSM (LPSC site de Modane) que ce soit au niveau de la sphère ou de ses blindages. L'ensemble a été conçu, réalisé et testé en France avec le suivi de cette même équipe.

Dès la fabrication des deux hémisphères, la technique de purification du cuivre, à l'aide de l'expertise de PNNL (Pacific Northwest National Laboratory), a été mise en œuvre au LSM afin de réduire le bruit de fond surfacique ainsi que celui du cuivre lui-même. Cela a amélioré de 30% le bruit de fond du détecteur pour les énergies inférieures à quelques keV. Cette expérience nous a permis de débiter sur la technologie d'électroformage de cuivre.

Pour la décennie à venir, les objectifs sont :

- la conception et la fabrication d'un nouveau détecteur avec le cuivre de qualité **6N**. Avec l'expérience de SEDINE et SNOGlob, nous maîtrisons l'aspect technique de fabrication et espérons atteindre un niveau de bruit de fond **d'une fraction de dru** pour l'aspect physique.

- la mise en place du procédé de fabrication d'un détecteur sphérique par la méthode d'électroformage de cuivre dans le laboratoire souterrain. Le cuivre fabriqué ayant une contamination en **U et Th inférieur à 0.1 μ Bq**. Nous comptons faire une percée importante dans la détection de matière noire à basse masse. Ce détecteur fabriqué par la technologie d'électroformage de cuivre serait l'instrument de l'avenir qui répondra aux exigences des expériences à la recherche des événements rares. Cette technologie prochainement mise en place au LSM serait également un atout pour l'industrie du future.



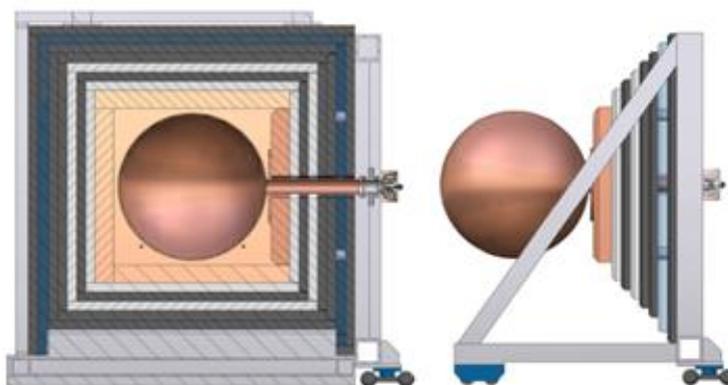
3. Livrables associés, calendrier et budget indicatifs

Nous présentons ci-dessous de manière très succincte l'organisation de cette proposition et les chiffres clés en quelques lignes :

Livrables

Nous avons identifié les différents livrables comme :

- La **sphère 6N**,
- Le blindage plomb et cuivre associé,
- Le senseur multi-ball (Achinios),
- L'électronique et l'acquisition
- Le facteur de Quench
- R&D Electroformage de cuivre (la **sphère xN**)



Blindage renforcé et la structure modifiée

Fonctionnement

Dans cette partie, les éléments nécessaires pour le fonctionnement du détecteur sont mentionnés :

- Consommables,
- Maintenance,
- Exploitation à Modane,
- Salle blanche (existante),
- Usine anti-radon

Budget

L'évaluation du budget pour les 5 points suivants comprend les 10 ans de développement/fonctionnement. Ce qui s'élève à 650 k€. Dans ce budget, la partie ressources humaines n'est pas incluse :

- Equipment (fabrication, modification, nouvelle technologie ...) : Queen's University + la région Auvergne-Rhône-Alpes + CTU Prague
- Consommable : In2p3 + La région Auvergne-Rhône-Alpes + CEA/IRFU
- Missions : Majoritairement In2p3
- Postdoc, thèses, stages : Queen's University + ANR + LPSC
- Ressources humaines : **750 hommes-jour** (Majoritairement In2p3)

Timing

Le planning de cette proposition se résume comme suit :

- La fabrication de la **sphère 6N** 2020-2021,
- L'exploitation à Modane (prise de données, analyses, publications ...) 2022-2024,
- Le développement et la mise en exploitation de l'électroformage de cuivre 2023-2027,
- Le nouveau **détecteur xN** entièrement fabriqué en souterrain avec le procédé électroformage et l'exploitation 2027-2030.

4. Impact

Le développement d'électroformage de cuivre pourrait avoir des impacts industriels en ce qui concerne la fabrication des matériaux ultra purs.

5. Références

- [1] Giomataris, I., Irastorza, I., Savvidis, I., Andriamonje, S., Aune, S., Chapellier, M., ... & Vergados, J. D. (2008). A novel large-volume spherical detector with proportional amplification read-out. *Journal of Instrumentation*, 3(09), P09007.
- [2] A Giganon et al., A multiball read-out for the spherical proportional counter, *Journal of Instrumentation*, 2017 P12031–P12031
- [3] A. Meregaglia et al., Study of a spherical Xenon gas TPC for neutrinoless double beta detection *Journal of Instrumentation*, 2018 P01009–P01009
- [4] A. Dastgheibi-Fard Phd, Etude d'un détecteur sphérique gazeux pour la recherche d'événements rares à bas seuil en énergie (pages 133-135)
- [5] Ali Dastgheibi-Fard, Gilles Geribier et al., Development of spherical proportional counter for light WIMP search within NEWS-G collaboration 17 July 2019, 162390
- [6] Q. Arnaud et al., First results from the NEWS-G direct dark matter search experiment at the LSM, *Astroparticle Physics* 97(2018) 54-52.