

Équipe de Recherche MIMAC

Bilan 2015-2019 et
Projet 2020-2024

Micro-tpc Matrix of Chambers

- Détection Directionnelle de Matière Sombre et « Axion-Like Particles »
- Détection Directe avec NEWS-G
- Neutrons pour la science et la société

Spectroscopie neutronique (10 keV – 600 MeV) (Mimac-FastN)

Cibles et Modérateurs pour CANS (Compact Accelerator Neutron Sources)

Thérapie par Capture Neutronique basée sur Accélérateur (AB-NCT)

Composition actuelle de l'équipe

- **Permanents**

Daniel Santos (DR)

Fabrice Naraghi (MFC)

Véronique Ghetta (CR aussi travaillant dans l'équipe Physique des Réacteurs)

Olivier Guillaudin (IR du Service Détecteurs et Instrumentation)

Ali Dastgheibi Fard (IR de la Plateforme Modane)

Nadine Sauzet (CDD-IR-Valorisation de 1/8/2014 au 30/11/2019, IR au SDI depuis)

Jean-François Muraz (IR du Service Détecteurs et Instrumentation)

Julien Giraud (IR du Service Etudes et Réalisations Mécaniques)

Thierry Descombes (IE du Service Informatique)

Germain Bosson (IR du Service Electronique)

Joël Bouvier (IR du Service Electronique)

Michel Zampaolo (IR de la Plateforme Modane)

- **Doctorants (Thèse en cours)**

Marine Hervé

LPSC, soutenance prévue en 2020 (Modération neutronique, caractérisation des champs neutroniques pour la BNCT basée sur accélérateur)

Cyprien Beaufort

LPSC, soutenance prévue en 10/2022 (Détection directionnelle de WIMPs et exploration de ALPs avec MIMAC)

Evolutions récentes :

- **Permanents**

Frédéric Mayet (MCF) a quitté le groupe en 2015 (maintenant dans le groupe NIKA...)

Fabrice Naraghi (MCF) a rejoint le groupe en 2015

Véronique Ghetta (CR) a rejoint l'équipe de recherche en janvier 2014 sur les activités Neutrons pour la science et la Société

Nadine Sauzet (IR) va rejoindre le service SDI à partir du 1/12/19 après avoir travaillé 5,5 années en CDD (Labex Enigmass et SATT-Linksium) au sein de l'équipe

- **Post-docs**

Camille Couturier (2016-2018) (Labex Enigmass)

- **Thèses soutenues**

Q. Riffard (en 2015 sous la direction de D. Santos) - « Détection Directionnelle de Matière Sombre avec MIMAC » (→ [post-doc à l'APC et puis au LBL \(USA\)](#))

D. Maire (en 2015 sous la direction de D. Santos) - « Métrologie Neutron entre 10 keV et 565 keV avec la micro-TPC » (→ [post permanent à l'IRSN en 10/2015](#))

B. Tampon (en 2018 sous la direction de D. Santos) - « Qualification expérimentale de la micro-TPC LNE-IRSN-MIMAC comme instrument de référence pour les mesures en énergie et en fluence de champs neutroniques entre 27 keV et 6.5 MeV » (→ [CDI à Atomika...](#))

Organisation-fonctionnement de l'équipe

Thématiques du groupe

▪ Matière noire

- Détection Directionnelle avec MIMAC (collaboration avec le CPPM-Marseille, IRFU-Saclay, U.Tsinghua et IHEP-Chine)
- Mesures du facteur de quenching dans le cadre du projet NEW-G (New Experiments With Sphere-Gas) (ANR-NEWS (2015-2019)), (collaboration avec IRFU-Saclay, Kingston (Canada), Birmingham (UK), Thessalonika (Grèce),...)

▪ Développement autour de MIMAC

- Nouveau détecteur Bas-Bruit (Labex Enigmass)
- Valorisation MIMAC-FastN (CNRS-Prématuration (2015), Labex Enigmass (2016-2017), Linksium-Maturation (2017-2019))

▪ CANS-DA (Compact Accelerator Neutron Sources- Design & Applications)

- Développement de cibles et de modérateurs dans le cadre de la production neutronique par des accélérateurs compacts
- Thérapie par capture neutronique basée sur accélérateur (AB-NCT)

MIMAC (Micro-tpc MAtrix of Chambers)

LPSC (Grenoble) : D. Santos, F.Naraghi , N. Sauzet (CDD)

-Technical Coordination, Gas circulation and detectors : **O. Guillaudin**

- Electronics : **G. Bosson, J. Bouvier, J.L. Bouly,**

L.Gallin-Martel, F. Rarbi

- Data Acquisition: **T. Descombes**

- Mechanical Structure : **J. Giraud**

- COMIMAC (quenching) : **J-F. Muraz**

IRFU (Saclay): P. Colas, I. Giomataris (2007-2014)

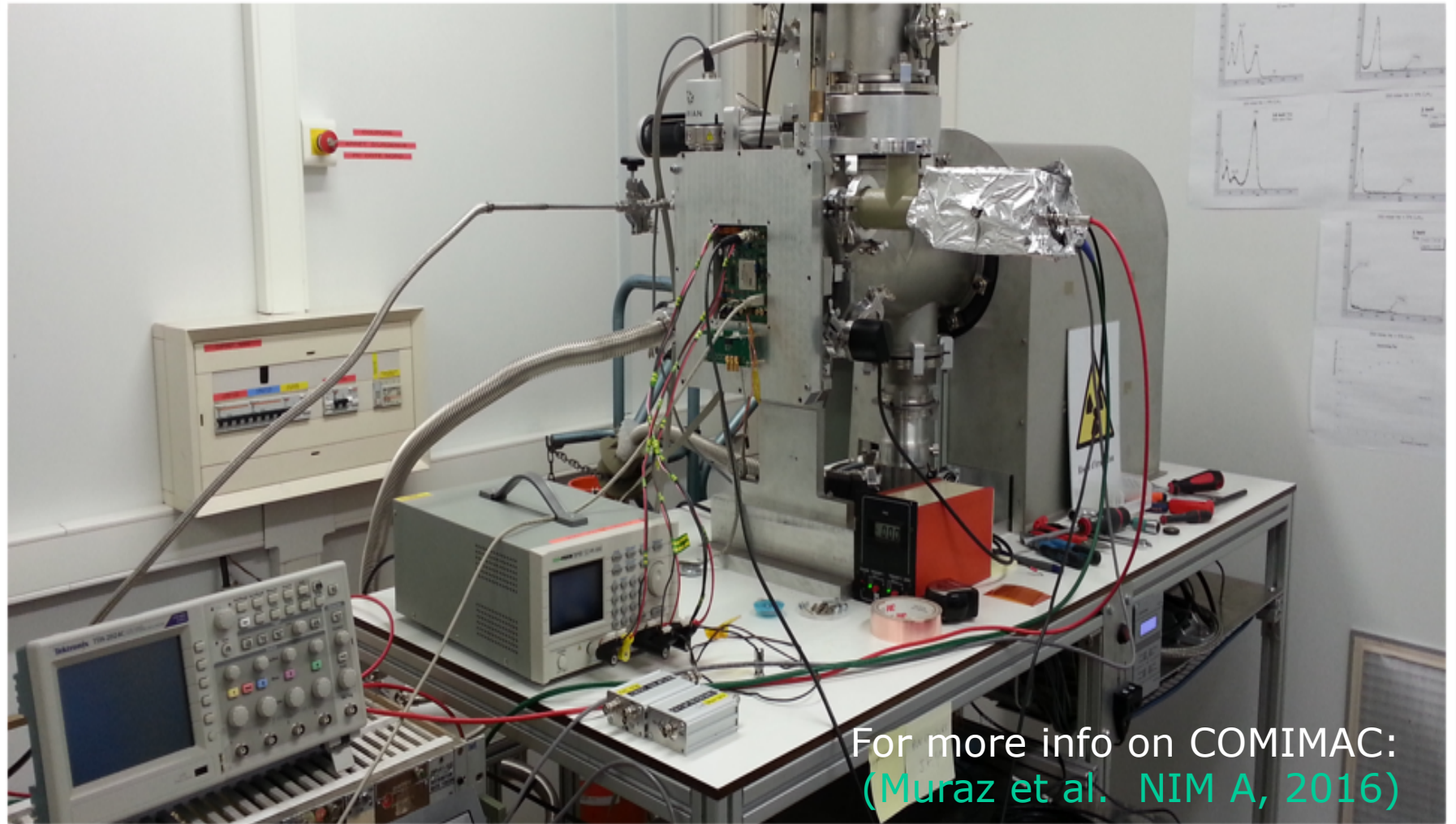
(depuis 2015 en “pointillé” mais toujours intéressés à nous aider)

CCPM (Marseille): Ch. Tao, J. Busto

Tsinghua University (Beijing-China): Y. Tao (Ph.D (Ch. Tao))

IHEP (Beijing-China): ZhiminWang , Changgen Yang

First controlled Fluorine tracks, using COMIMAC



For more info on COMIMAC:
(Muraz et al. NIM A, 2016)

Directional experiments around the world



CYGNUS 2017- International Workshop

Xichang, Sichuan (CHINA) – June 13th- 15th 2017



Faits marquants

▪ Matière noire

- Première détection de traces de la Progénie du Radon en 3D (Validation de la stratégie de détection MIMAC)
- Développement du signal cathode (validation en mesurant la vitesse de drift)
- Mesures du facteur de quenching dans le cadre du projet NEW-G (New Experiments With Sphere-Gas) (ANR-NEWS (2015-2019))
- Ouverture à l'exploration sur les Axion-Like Particles (ALPs)

▪ Développement autour de MIMAC

- Nouveau détecteur Bas-Bruit (Labex Enigmass)
- Détecteur directionnel de neutrons rapides (MIMAC-FastN)
Projet de Prématuration (CNRS) en 6/2015
Brevet (déposé en Juillet 2017) (DS, OG, NS)

▪ CANS-DA (Compact Accelerator Neutron Sources- Design & Applications)

- Cible Be tournante
- Ligne de test thermique
- Développement d'une cible en Lithium liquide (Brevet déposé en 07/19) (VG, JG, DS)
- Projet de Prématuration (CNRS) en 10/2018 pour 18 mois sur le principe de la cible de lithium liquide.

Production Scientifique

Electron-Recoil Discrimination

MIMAC low energy electron-recoil discrimination measured with fast neutrons.

Q. Riffard, D. Santos et al., arXiv:1602:01738, JINST 11 (2016) P08011

Progenie du Radon dans MIMAC (traces en 3D)

First detection of tracks of radon progeny recoils by MIMAC

Q. Riffard, D. Santos et al. 2017_JINST_12_P06021.

Mesure de la vitesse de drift sur MIMAC

Cathode signal in a TPC directional detector.

C. Couturier, Q. Riffard, N. Sauzet, O. Guillaudin, F. Naraghi and D. Santos, Journal of Instrumentation, 12(11):P11020, 2017b.

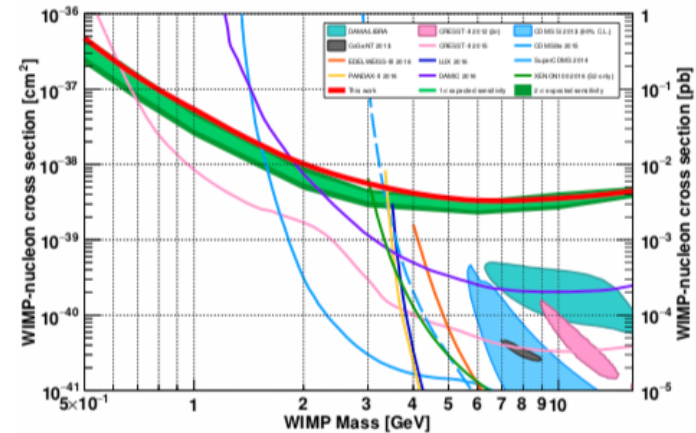
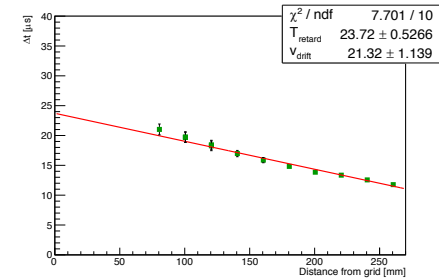
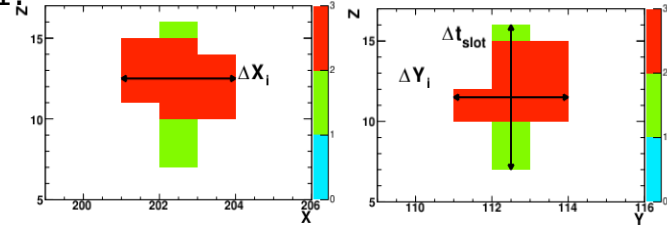
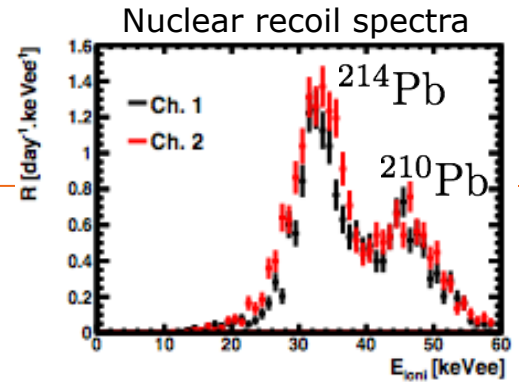
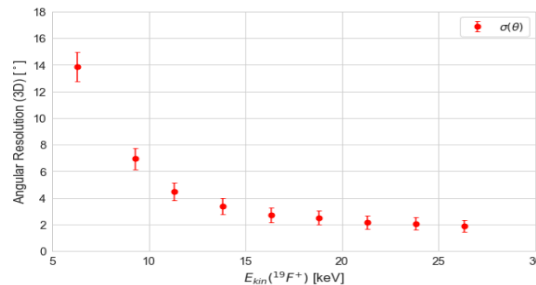
News-G

First results from the NEWS-G direct dark matter search experiment at the LSM

Q. Arnaud et al. Astroparticle Physics 97 (2018) 54.

Angular Resolution of MIMAC Dark Matter Directional Detector. Y. Tao, I. Moric, Ch. Tao, D. Santos et al. submitted to JCAP, arXiv1903.02159

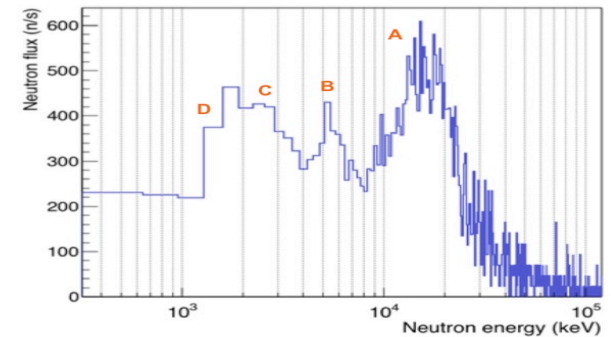
JCAP, arXiv1903.02159



Spectroscopie neutronique (1- 15 MeV)

Fast neutron spectroscopy from 1 MeV up to 15 MeV with MIMAC-FASTn, a mobile and directional fast neutron spectrometer ,

N. Sauzet, D. Santos et al., submitted to NIMA, arXiv: 1906.03878



CANS-DA

(Compact Accelerator Neutron Sources-Design and Applications)

Neutron spectrometry of the ${}^9\text{Be}(d(1.45 \text{ MeV}),n){}^{10}\text{B}$ reaction for accelerator-based BNCT

M.E Capoulat, N. Sauzet, O. Guillaudin, D. Santos et al. NIM B, vol.445, pp 57-62, 2019

Neutron spectroscopy from 1 to 15 MeV with Mimac-FastN, a mobile and directional fast neutron spectrometer and an active phantom for BNCT

D. Santos, N. Sauzet, O. Guillaudin, J. -F. Muraz , UCANS8 (2019)

Development of a regenerated Beryllium target and a thermal test facility for Compact Accelerator-based Neutron Source

J.-F. Muraz, D. Santos, V. Ghetta, J. Giraud, J. Marpaud, M. Hervé, P. Sortais, M. Forlino, UCANS8 (2019)

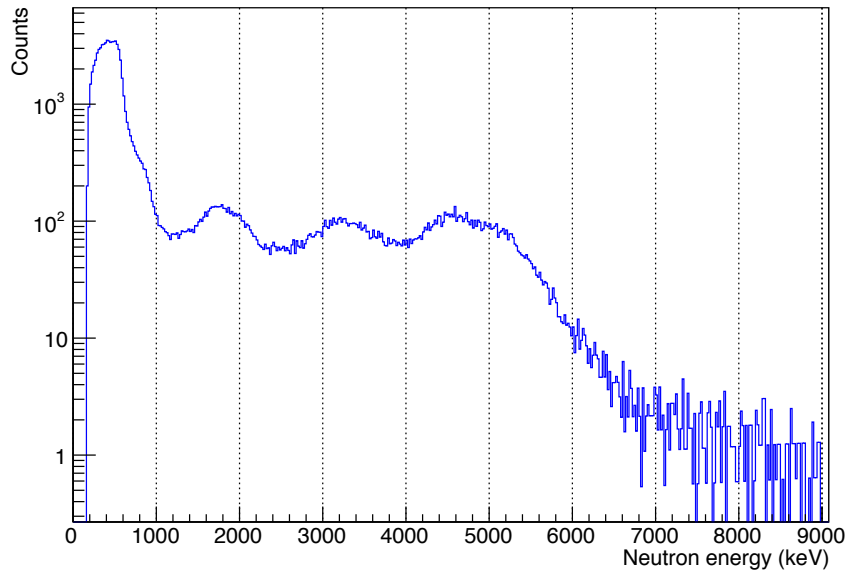
Brevets (2)

- Sur la spectroscopie neutronique à haute énergie (DS,OG,NS)
- Sur la cible de Li-liquide (VG,JG,DS)

Neutron Angular Distribution ${}^9\text{Be}(d(1,45\text{ MeV}), n)$

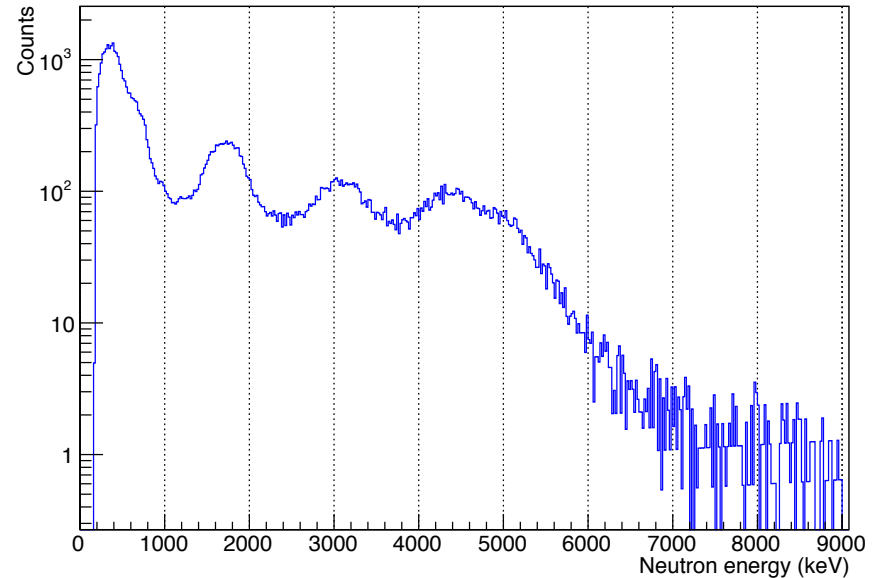
Measured Spectrum at **0 deg**

Neutron Energy normalized to reaction cross-section



Measured Spectrum at **60 deg**

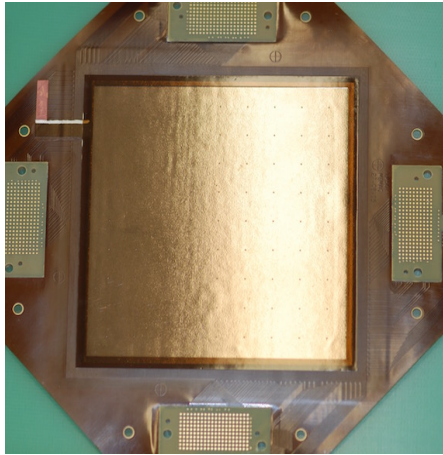
Neutron Energy normalized to reaction cross-section



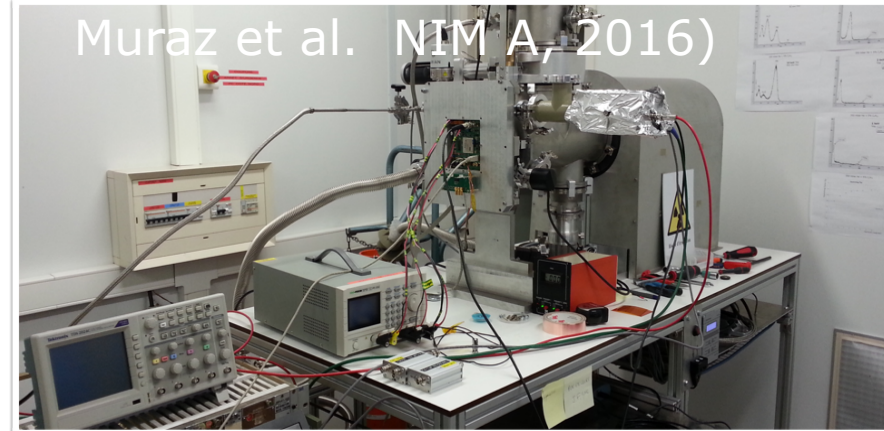
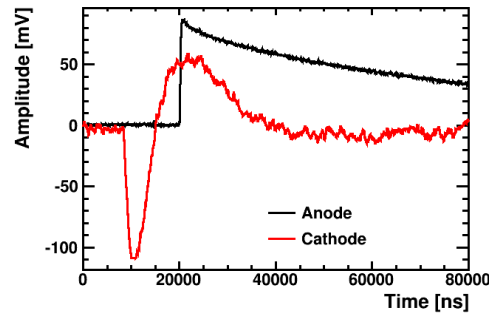
Legnaro (Italy)

Production Scientifique - Contributions techniques -

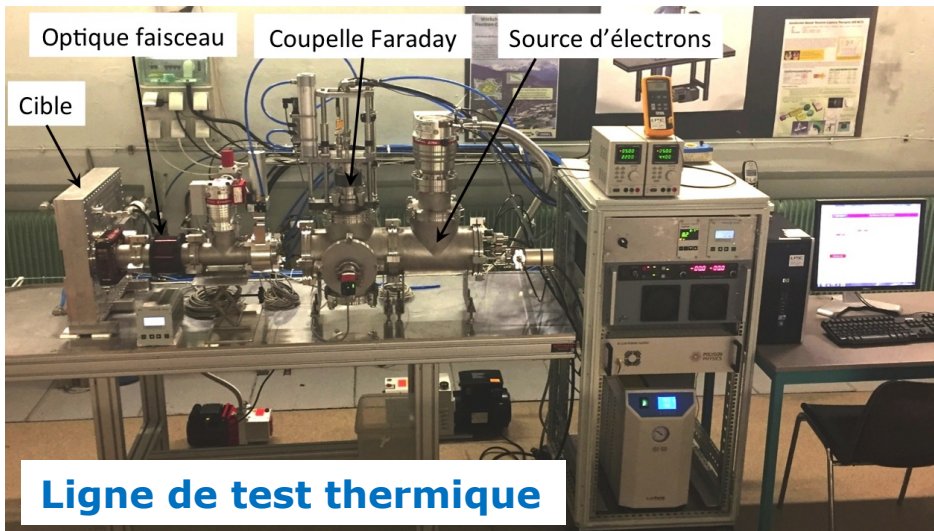
Nouveau détecteur MIMAC 512 – Bas Bruit (10cm x 10 cm)



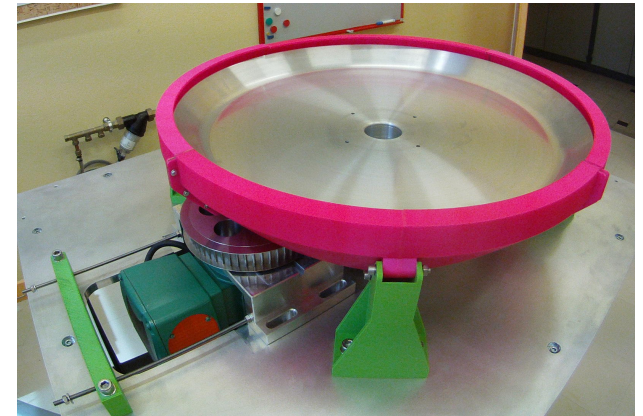
Signal Cathode



Ligne de Mesure du facteur de Quenching
(COMIMAC)



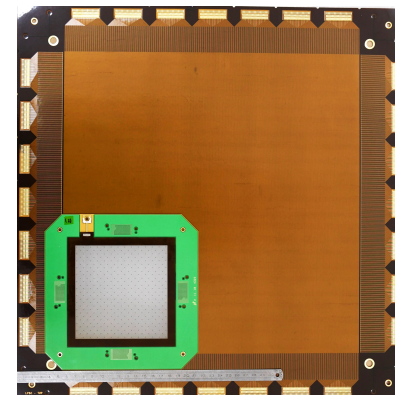
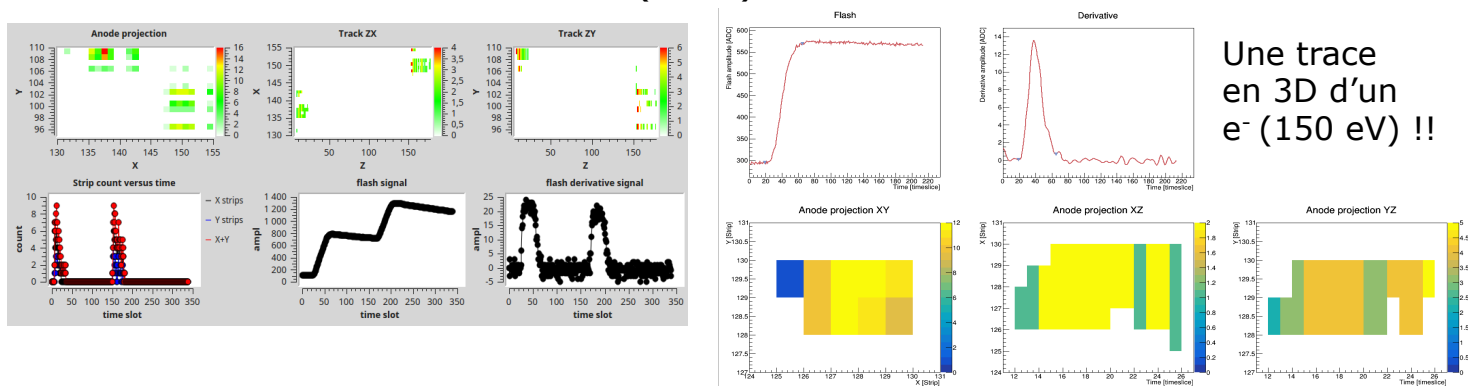
Maquette en eau de la cible lithium



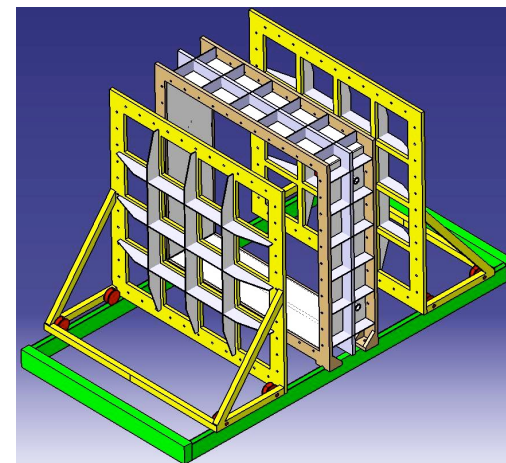
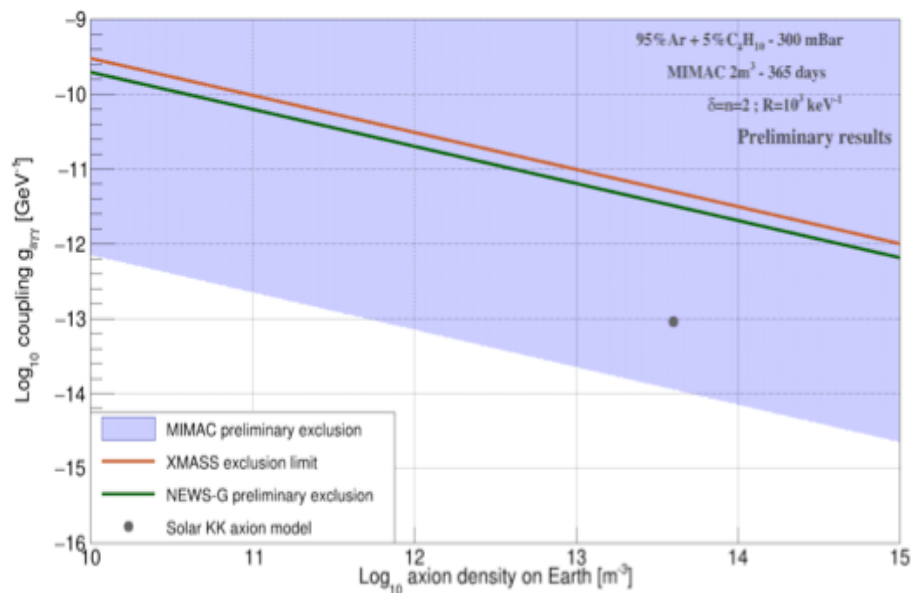
Projet scientifique

■ Matière noire

- MIMAC-1 m³ au LSM pour la détection directionnelle de WIMPS et l'exploration des Axion-Like Particles (ALPs)

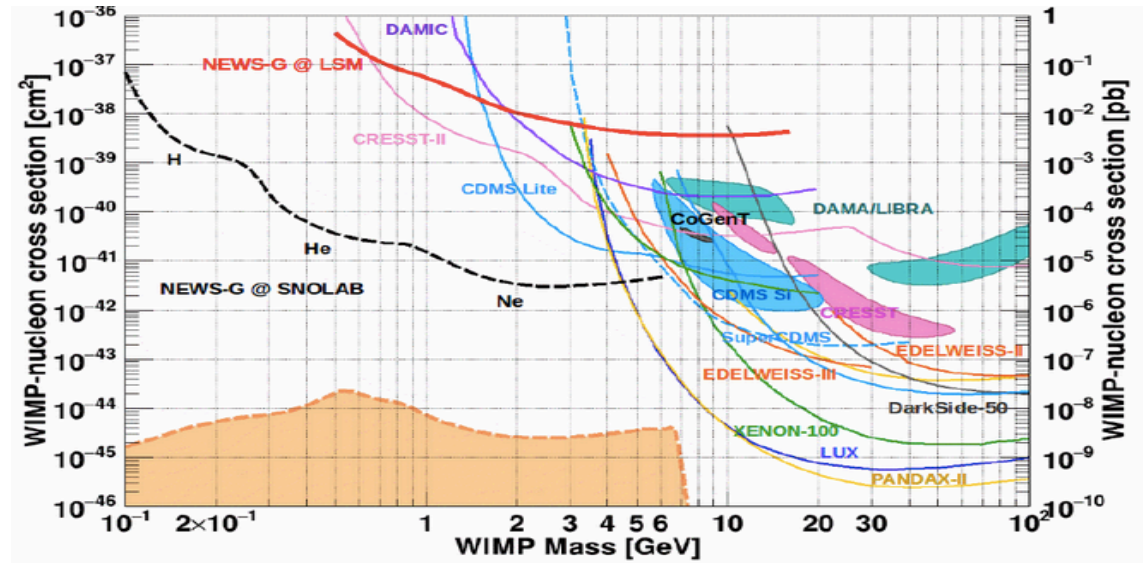


Sensitivity to trapped axions



Projet scientifique

NEWS-G au SNOLAB (installation et premier run en 2020)



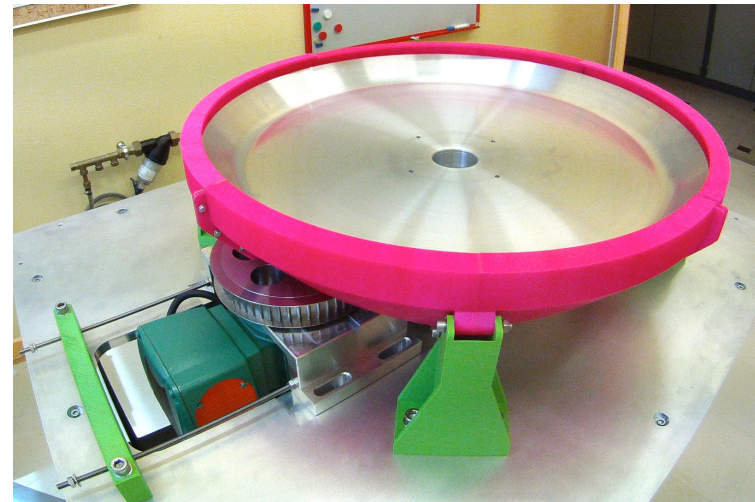
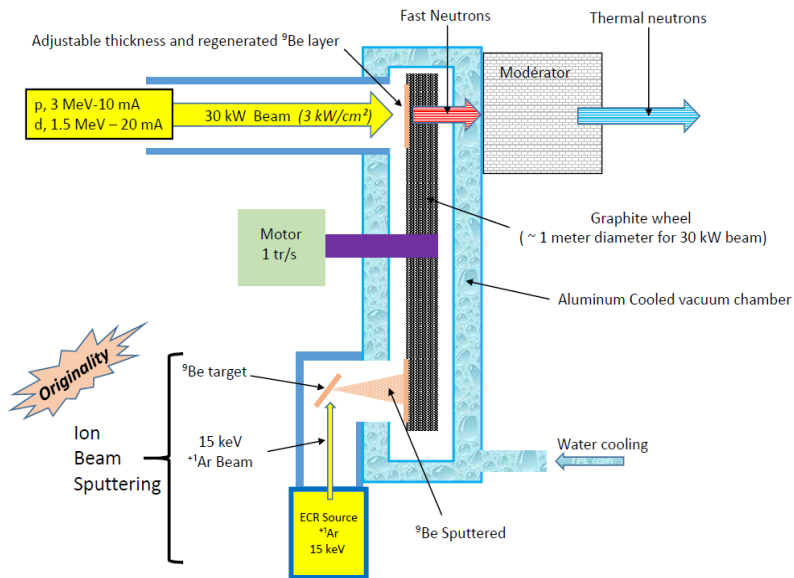
■ Développement autour de MIMAC

- Valorisation du module bi-chambre 35cm pour la spectroscopie de neutrons de très basse (1-10 keV) et très haute énergie (100 MeV-1GeV)
- COMIMAC au LSM
(pour la mesure du facteur de quenching à très basse énergie et/ou à haute pression)
- Mimac-FastN comme fantôme actif pour la BNCT et pour la PFBT (Proton Fusion Boron Therapy)

Projet scientifique

■ CANS-DA (Compact Accelerator Neutron Sources- Design & Applications)

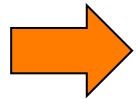
- Finalisation de la cible Be avec le dispositif de génération du dépôt de Be et test sous faisceau de deutons
- Modérateur adapté aux cibles
- Construction d'un prototype de la cible de lithium liquide
- Définition du projet du démonstrateur pour l'AB-NCT



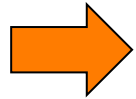
■ LIDAC (^6Li et ^7Li) Prématuration CNRS (2019-2020)

Evolution de l'équipe à venir

- 2 départs à la retraite en 12/2020 (GB et JB du service Electronique)
- 1 départ à la retraite en 11/2023 (DS)



Besoin d'un renfort urgent du service Electronique



Besoin d'un renfort (CR) urgent qui soit intéressé à la stratégie directionnelle MIMAC et aux activités autour !!

Afin d'être formé par nous...

Auto analyse du groupe

Points forts

- ✓ MIMAC a bénéficié d'un développement « maison (LPSC)»
- ✓ La capacité de mesurer de très faibles énergies en ionisation et de reconstruire des traces de longueur sub-millimétrique.
- ✓ La possibilité de développer des détecteurs MPGD bas bruit.
- ✓ La maîtrise du savoir-faire : détecteur, électronique et mesure du facteur de quenching en ionisation qui ont permis la valorisation en tant que détecteur de neutrons rapides.
- ✓ L'accès au LSM (Laboratoire Souterrain de Modane) et sa proximité .
- ✓ CANS-DA : Interdisciplinarité grenobloise (Biologistes, Chimistes, Physiciens et Médecins) sur l'AB-NCT et la production neutronique (ILL)

Opportunités

- Nos stratégies de détection et de technologie MIMAC sont pour l'instant celles qui permettent le seuil le plus bas grâce à la mesure de traces en 3D.
- Valorisation de la technologie dans le domaine de la mesure neutronique.
- Adaptation à la recherche des ALPs (Axion-Like Particles)
- Contexte du remplacement des réacteurs nucléaires de recherche par des sources de neutrons de type CANS

Auto analyse du groupe

Points faibles

Les équipes de physiciens du LPSC et du CPPM sont sous-dimensionnées.

Il serait souhaitable qu'une autre équipe de l'IN2P3 soit intéressée à participer !

Manque de soutien financier de nos tutelles sur la plupart de nos activités ...

Risques

Les particules de matière sombre pourraient être d'une masse inférieure à $500 \text{ MeV}/c^2$

Le départ à la retraite de Daniel dans 3 ans et 10 mois.

Perte de nos « savoir-faire » et de notre expérience.

Exclusion limits (MIMAC) (with directionality)

