



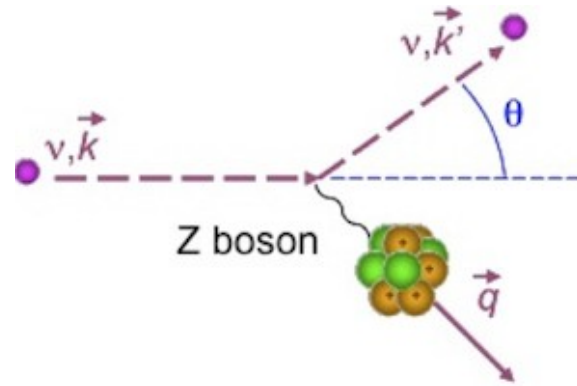
**Conseil Scientifique LPSC**  
30-31 mai 2024



# LE PROJET RICOCHET AU LPSC

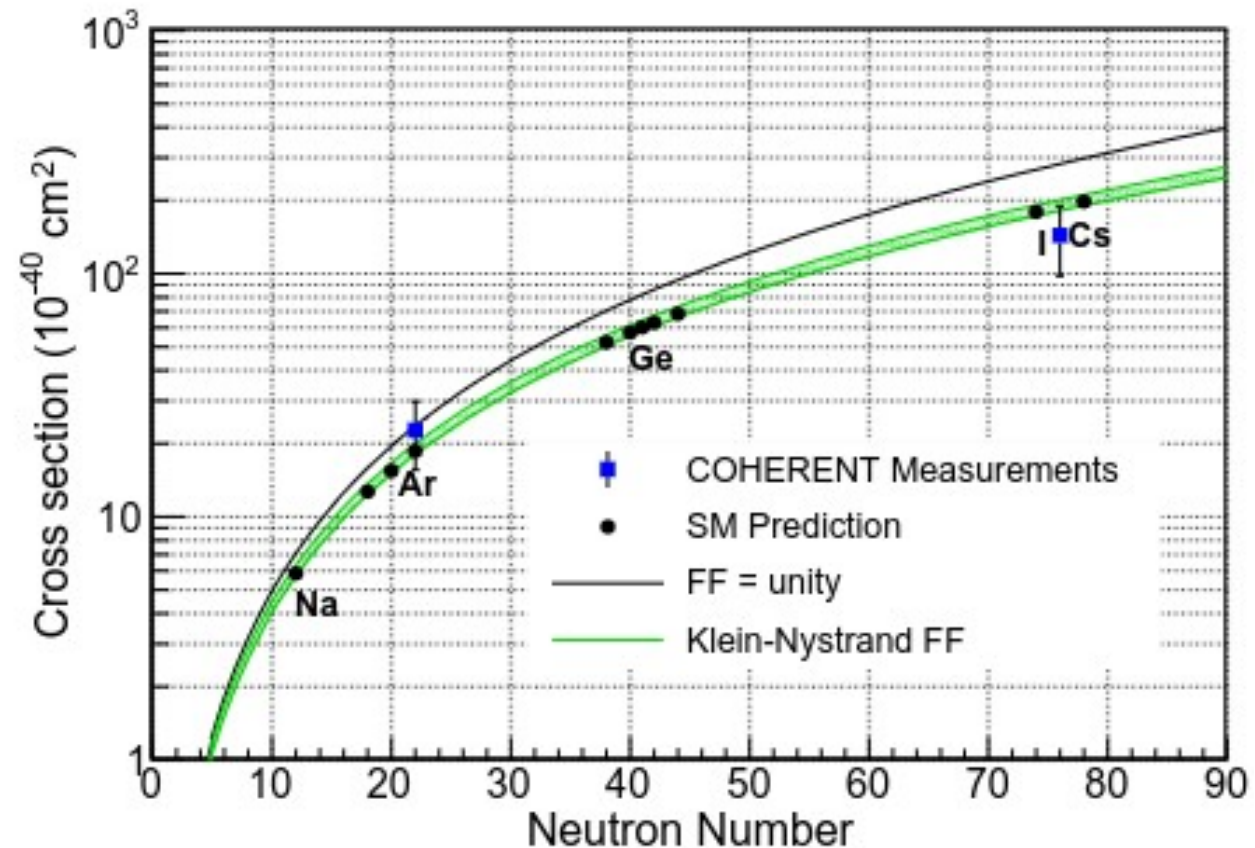
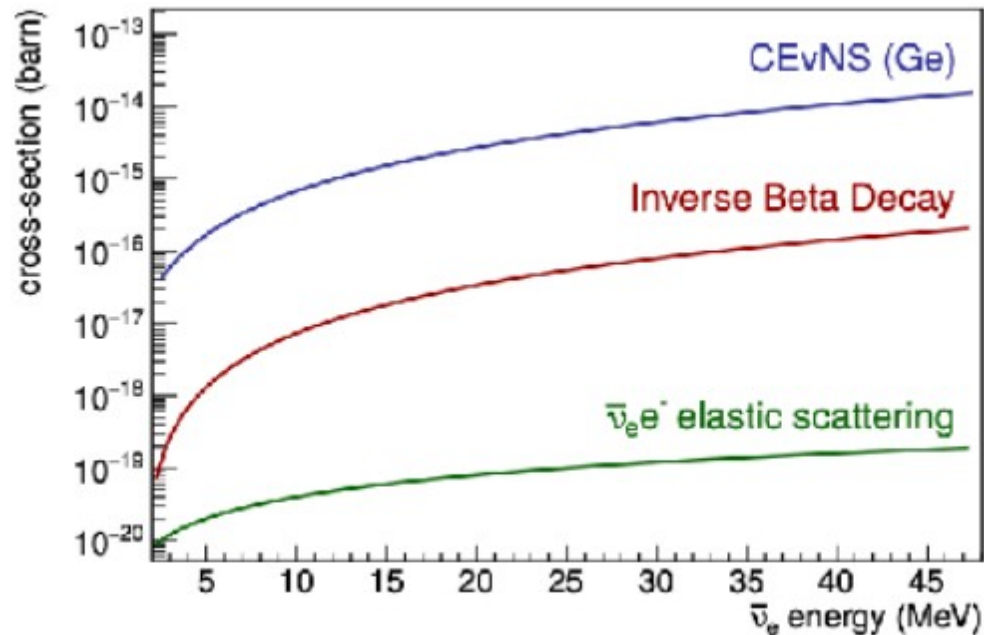
**Jacob Lamblin**  
**pour l'équipe Neutrinos**

# La diffusion cohérente neutrinos-noyaux (CEvNS)



Prédite en 1974.

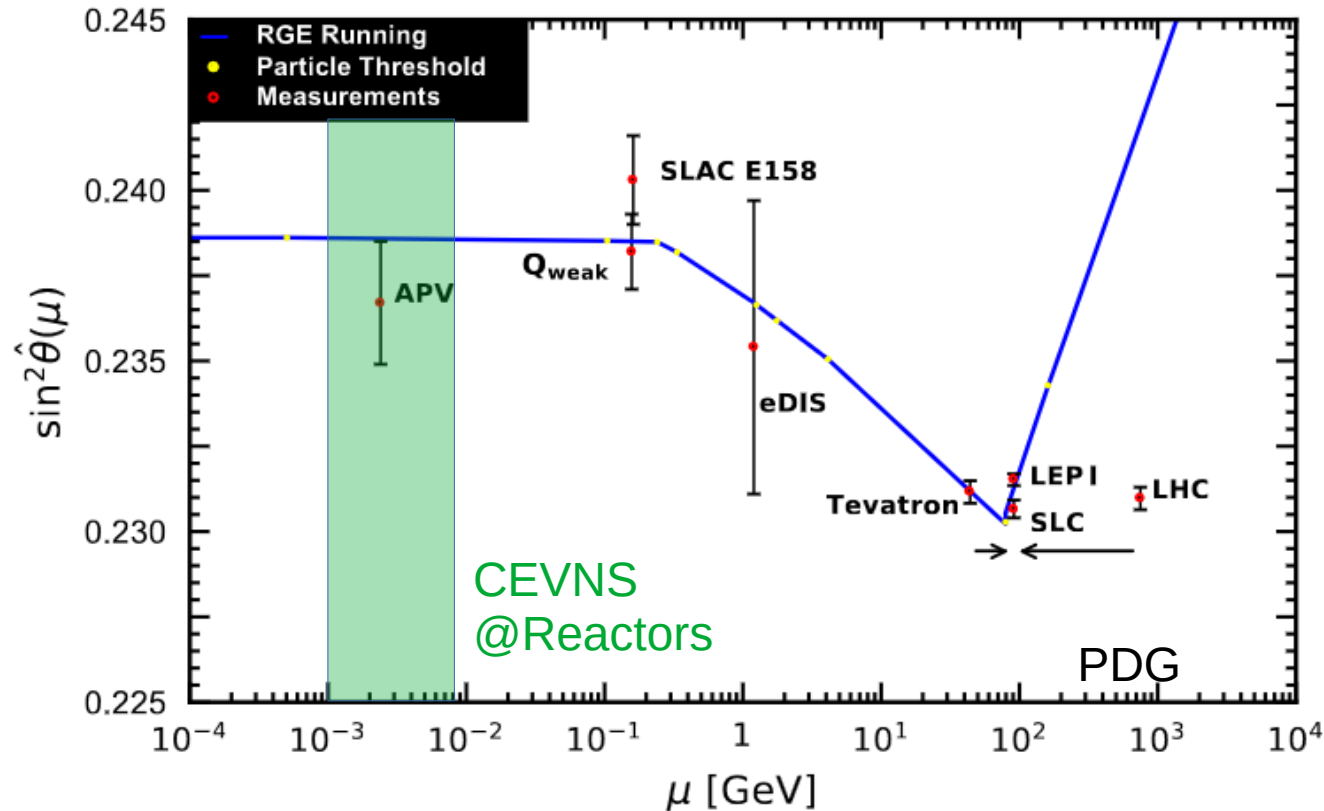
Observée par l'expérience COHERENT avec des neutrinos d'accélérateur et plusieurs cibles différentes.



## Mesure de l'angle Weinberg à basse énergie

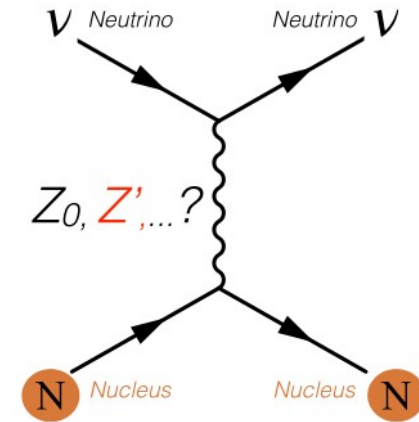
$$\frac{d\sigma(E_\nu, E_r)}{dE_r} = \frac{G_f^2}{4\pi} Q_w^2 m_N \left(1 - \frac{m_N E_r}{2E_\nu^2}\right) F^2(E_r)$$

$$Q_w = N - Z(1 - 4 \sin^2 \theta_w)$$



## Physique au-delà du modèle standard :

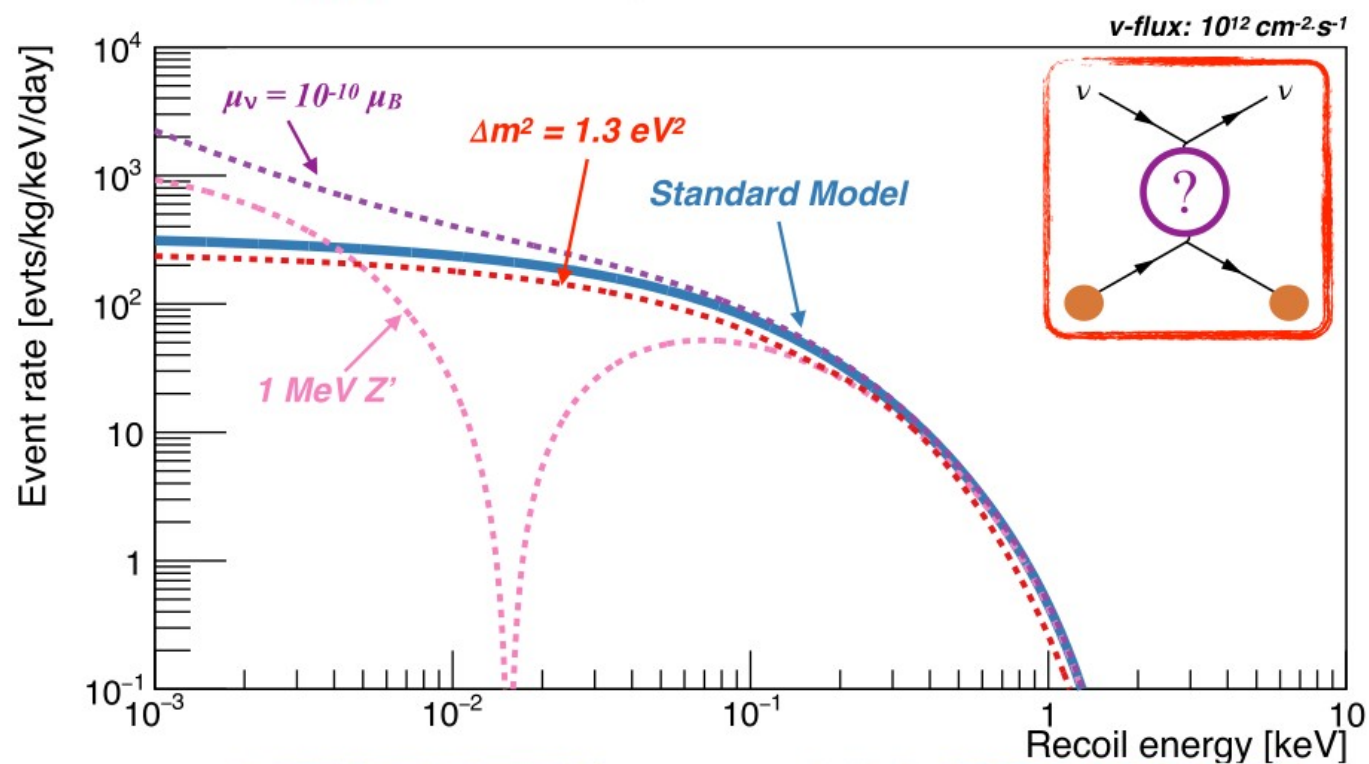
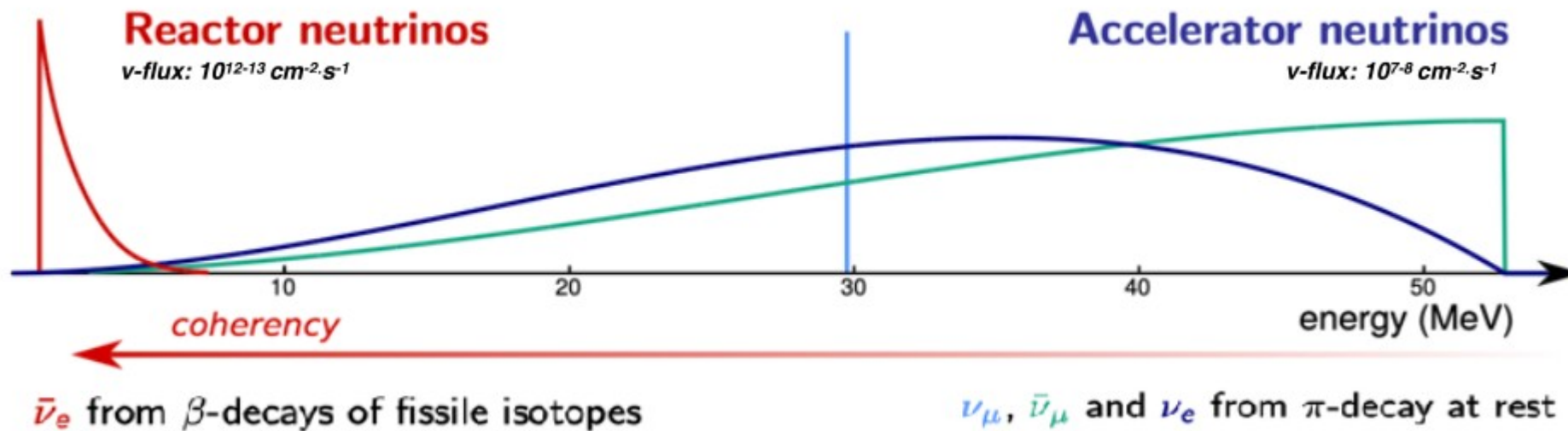
- nouveau boson d'interaction  $Z'$
- moment magnétique du neutrino
- interaction non-standard
- .....



## Connaissance bdf matière noire

La diffusion cohérente des neutrinos (solaires/atmosphériques) est le bruit de fond ultime pour les expériences de matière noire.

# Vers les neutrinos de réacteur



Meilleure sensibilité aux canaux de nouvelle physique mais nécessite :

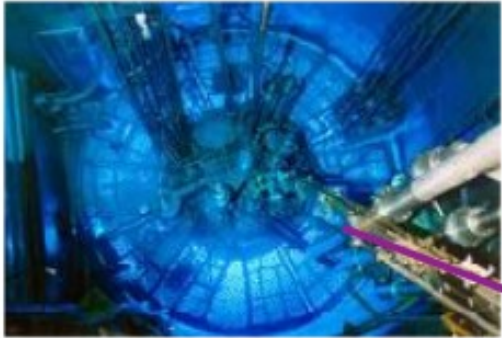
- 1) un seuil en énergie très faible ( $< 100 \text{ eV}$ ), i.e. une très bonne résolution (faible bruit électronique)
- 2) un bruit de fond très faible

# Tour d'horizon des expériences

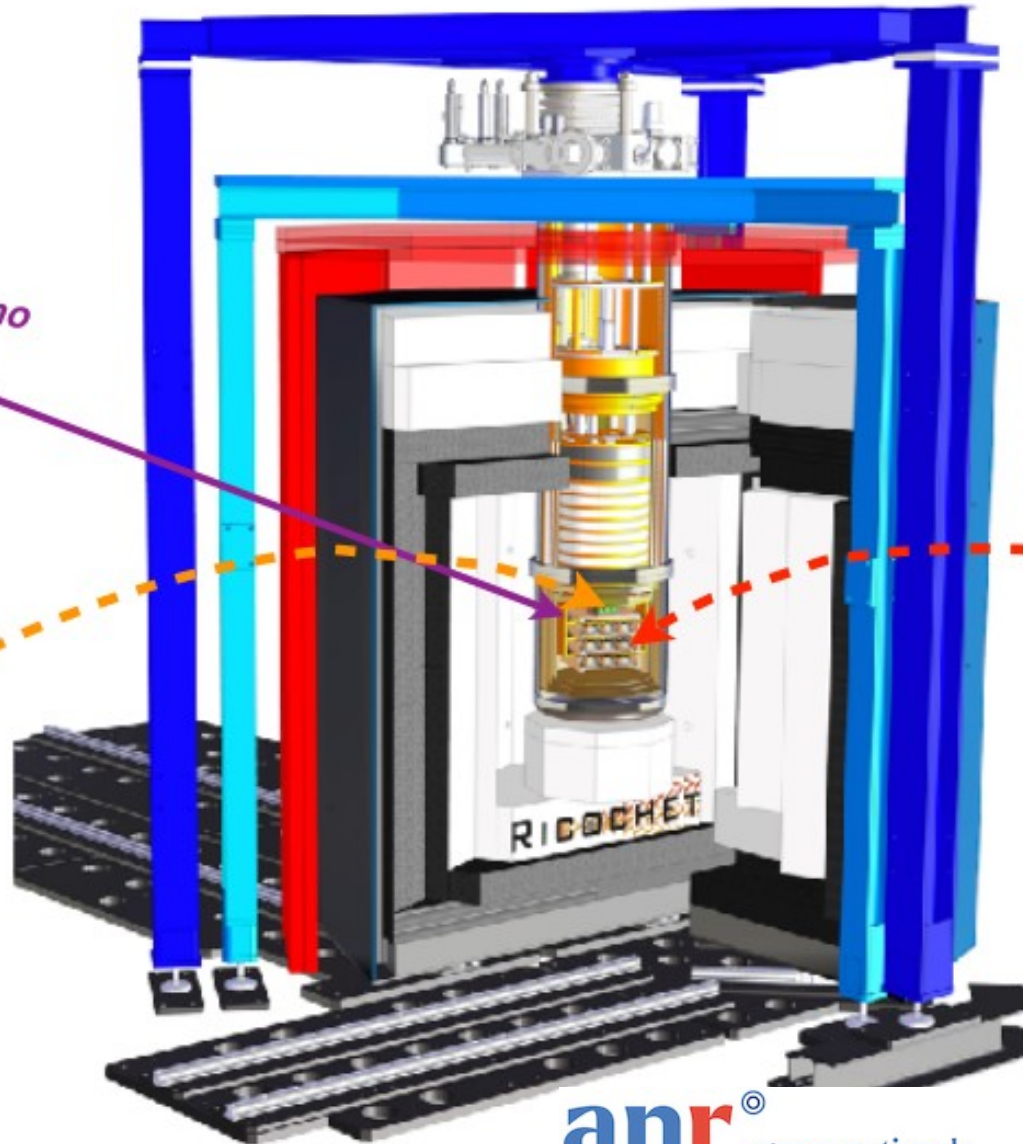
Expérience	$\nu$ Flux	Détecteur	Seuil (keVnr)	Protection cosmique	Bruit de fond [0.5-1 keVee]	Résultats
CONUS	17m - 3.9 GWth	HPGe	1.2	24 m.w.e	10 DRU	Bdf > ~2 x signal
DRESDEN-II	8 m - 2.96 GWth	HPGe	1.1	3 m.w.e	500 DRU (OFF)	Observation à 3 sigmas mais très controversée
NuGEN	11 m - 3.1 GWth	HPGe	1.1	50 m.w.e	30 DRU	Bdf > ~ qlqs x signal
CONNIE	15 m - 3 GWh	CCD	O(1)	0 m.w.e	3000 DRU	Bdf >> signal
MINER	Site non défini	Ge Saphire	0.2 0.1	-	-	-
NUCLEUS	100 m - 4.25 Gwth 72 m - 4.25 GWth	CaWO <sub>4</sub>	0.02 eV	3 m.w.e	O(10) DRU	-
RICOCHET	8.8 m - 50 MWth	Ge Zn	0.05 eV	15 m.w.e	O(10) DRU	-

# L'expérience RICOCHET

ILL Reactor ~50 MWth  
15 m.w.e





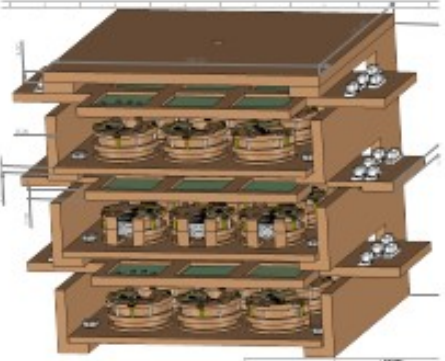
Neutrino



Q-ARRAY



CRYOCUBE  
Ge (& Si?)

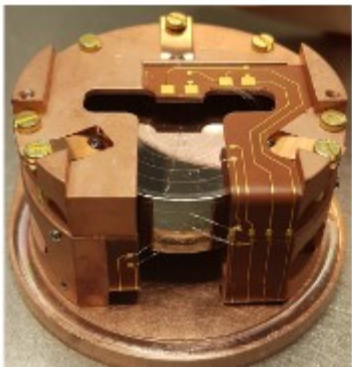
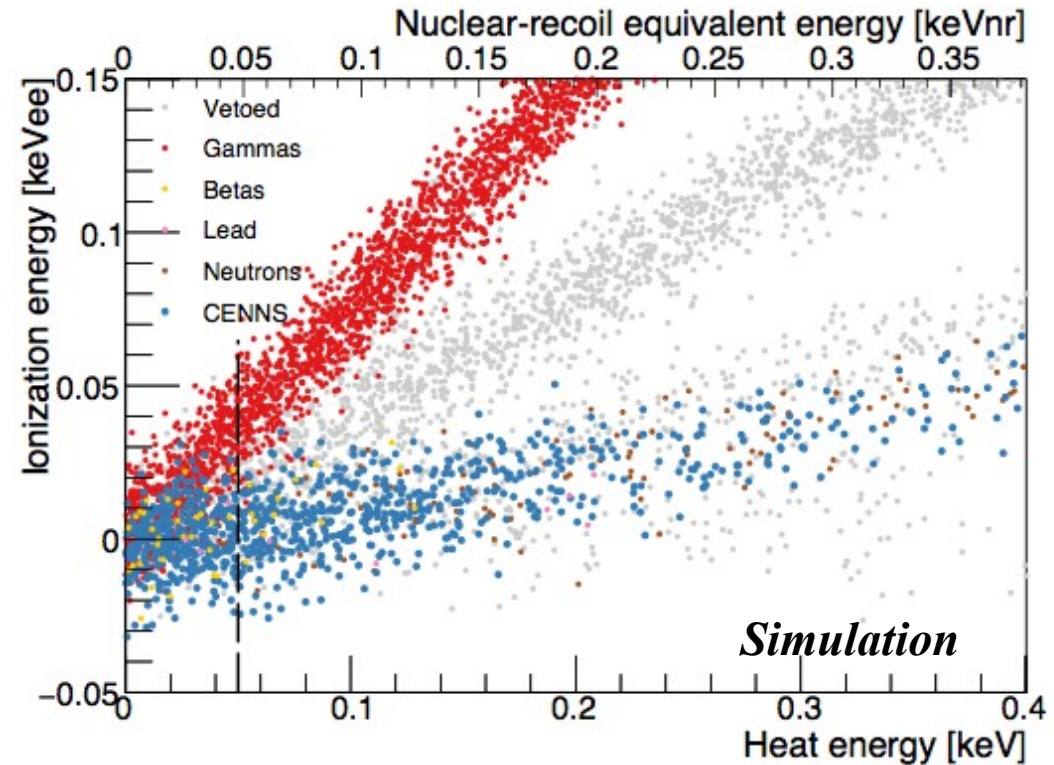
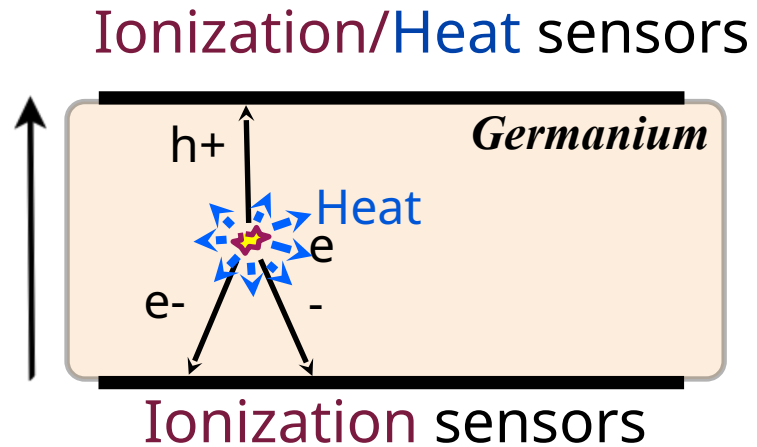


Ricochet collaboration,  
NIM A 1057 (2023) 168765

Ricochet collaboration,  
Eur. Phys. J. C 84, 186 (2024)

# Principe de détection

## ► Détecteurs semi-conducteurs germanium - CryoCube



Discrimination avec le rapport ionisation/chaueur

Détecteurs inspirés des détecteurs FID800 de EDELWEISS-III

Objectif : résolution 20 eV ionisation et chaleur

# La Collaboration RICOCHET

Collaboration internationale : France, Russie, USA, Canada



~60 chercheurs,  
ingénieurs et  
techniciens

Mai 2024



## Physicien.nes Permanent.es :

- ▶ Corinne Goy (DR)
- ▶ Valentina Novati (CR)
- ▶ Silvia Scorza (DR)
- ▶ Anne Stutz (CR)
- ▶ Jean-Sébastien Real (DR)
- ▶ Jacob Lamblin (MCF)

## Doctorants :

- ▶ Guillaume Chemin (fin 2024)
- ▶ Renaud Serra (co-tutelle ILL, fin 2026)

Stage M2 : Juliette Blé

## SERM :

- ▶ Eric Perbet
- ▶ Francis Vezzu

## Electronique :

- ▶ Fatah Rarbi
- ▶ Christophe Hoarau
- ▶ Olivier Bourrion

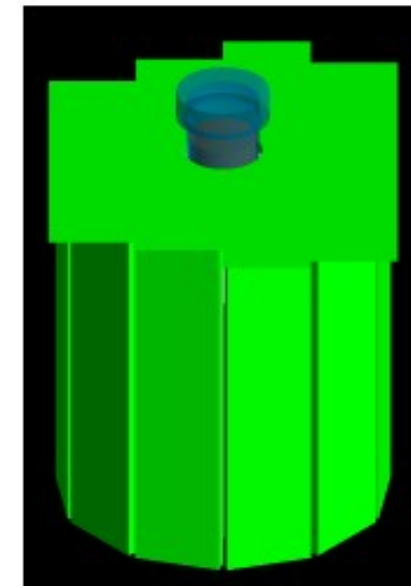
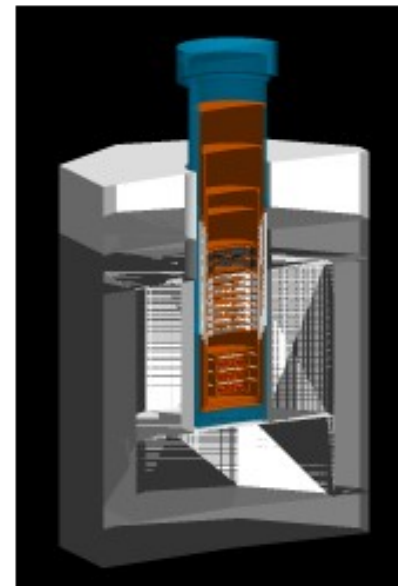
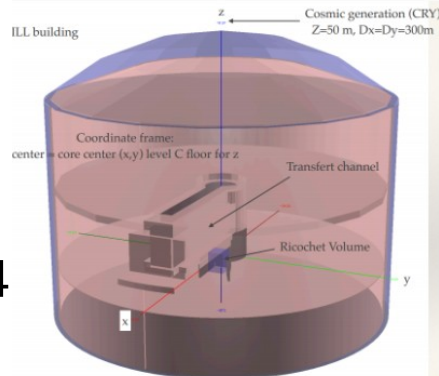
## SDI :

- ▶ Murielle Heusch
- ▶ Mohammed Chala

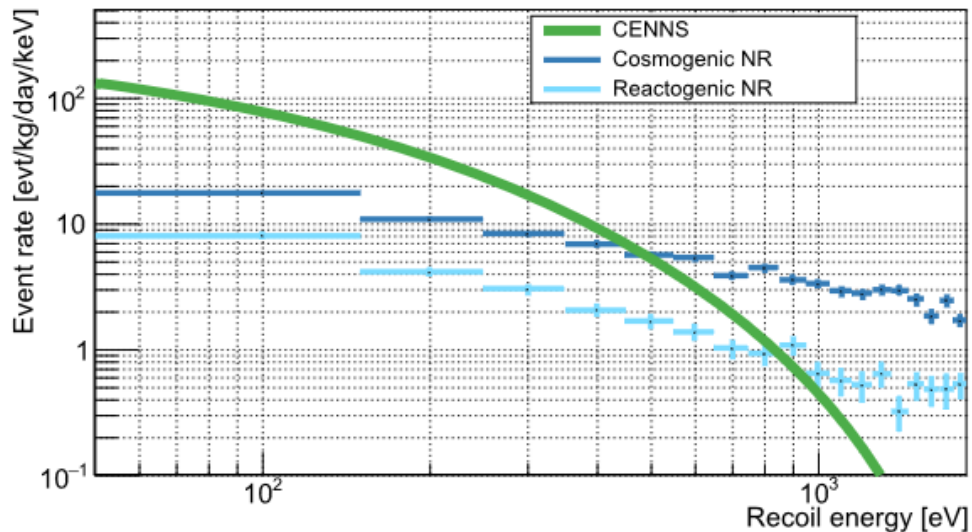
# Simulations

## Types de bruit de fond :

- **radiogénique** = radioactivité interne
- **reactogénique** = induits par le réacteur et les expériences voisines (gammas, neutrons)
- **cosmogénique**  
 2 étapes : CRY + GEANT4



- ➔ Dimensionnement des blindages passifs et actifs
- ➔ Interpretation des mesures de bruit de fond
- ➔ Estimation des taux résiduels dans les bolomètres



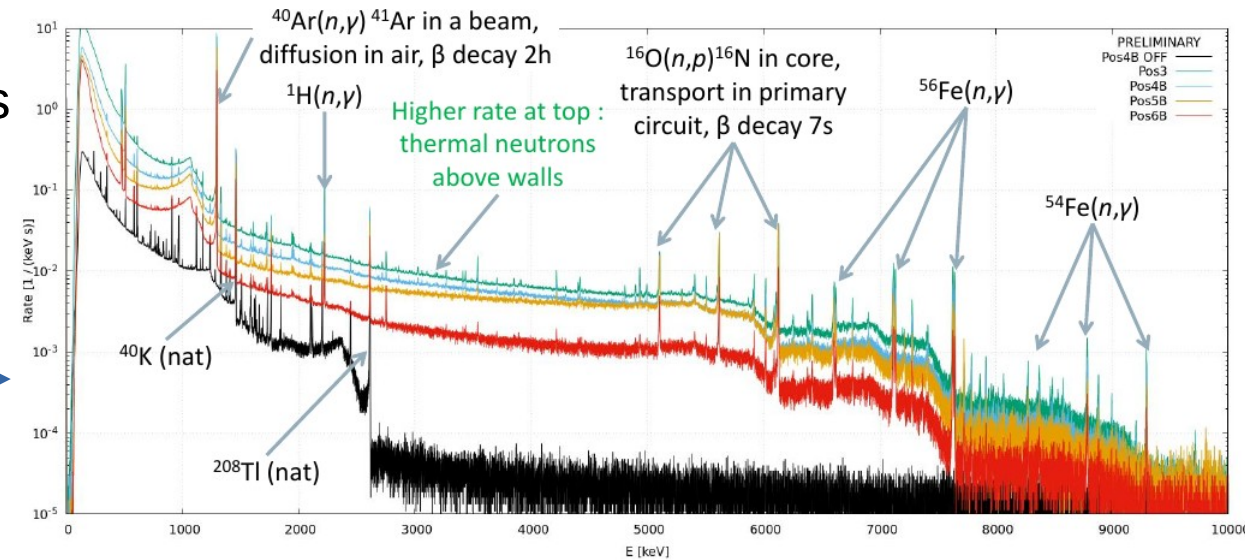
Taux (DRU) [50eV-1keV]	Cosmogénique	Reactogénique	Signal CEvNS
Reculs électroniques	10.4 ± 0.4	23.9 ± 0.7	-
Reculs nucléaires	8.3 ± 0.4	1.6 ± 0.1	~11

**Objectifs :**

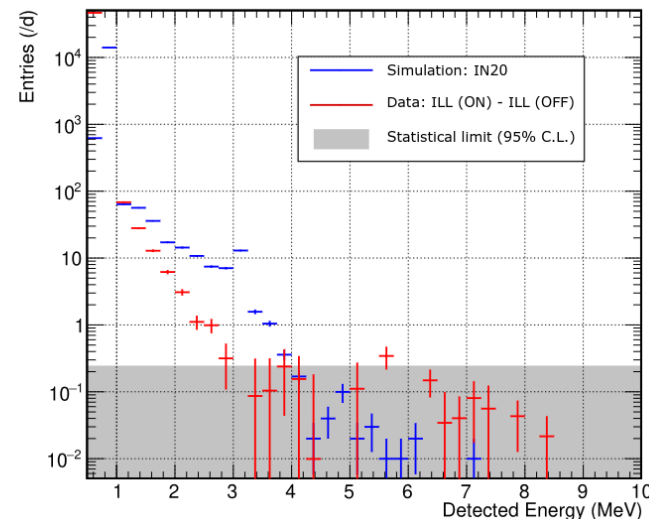
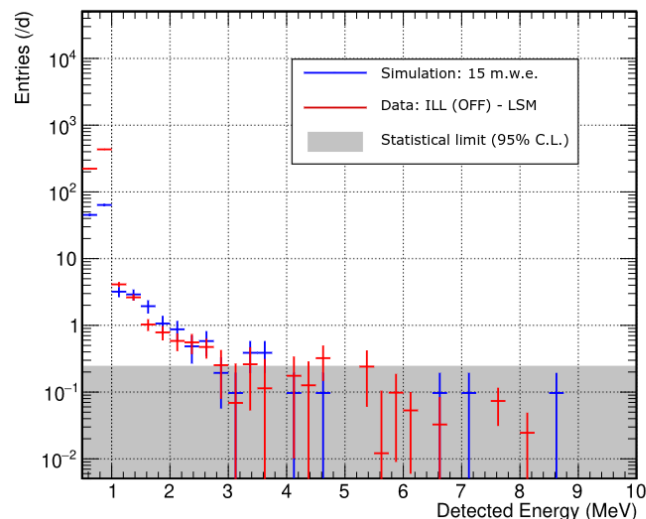
- 1) obtenir les données d'entrée pour les simulations
- 2) vérification des résultats des simulations

**Détecteurs utilisés :**

- Détecteur HPGe pour les gammas
- compteur  $^3\text{He}$  pour les neutrons thermiques et neutrons rapides (captures en vol)



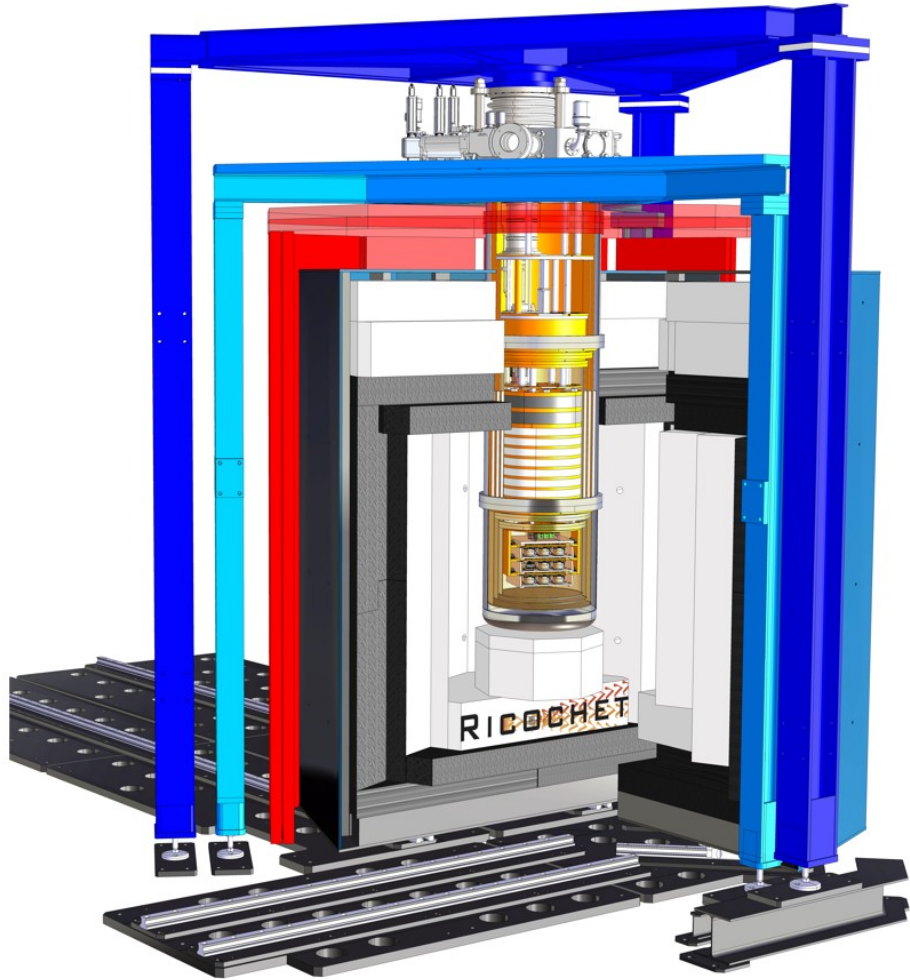
Ricochet collaboration, *Eur. Phys. J. C* (2023) 83: 20



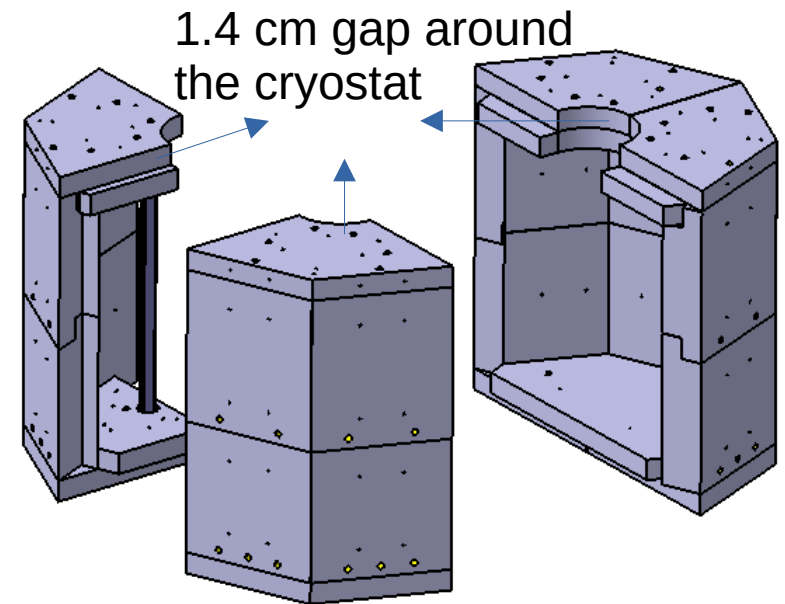
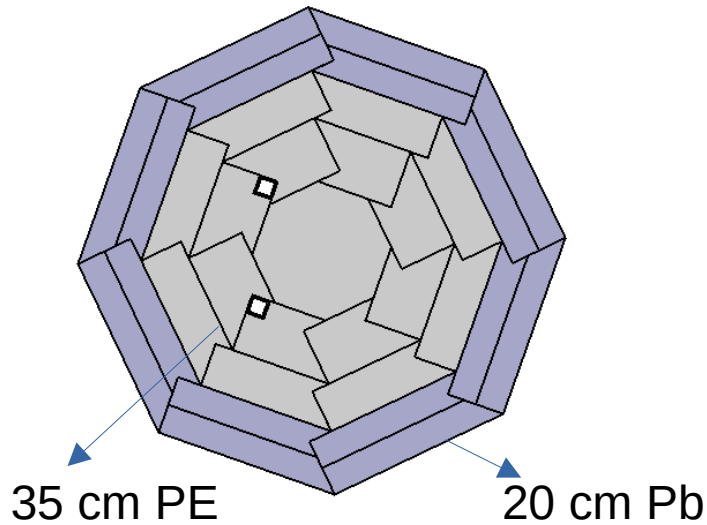
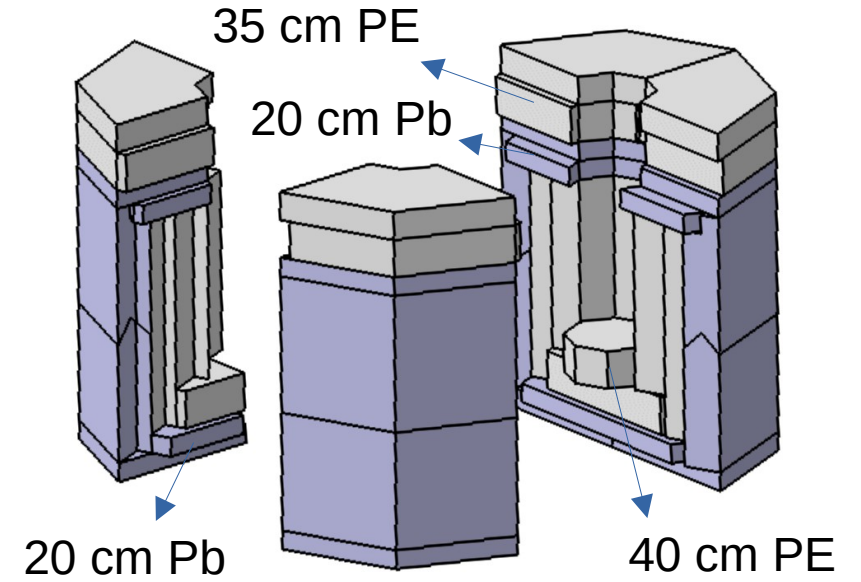
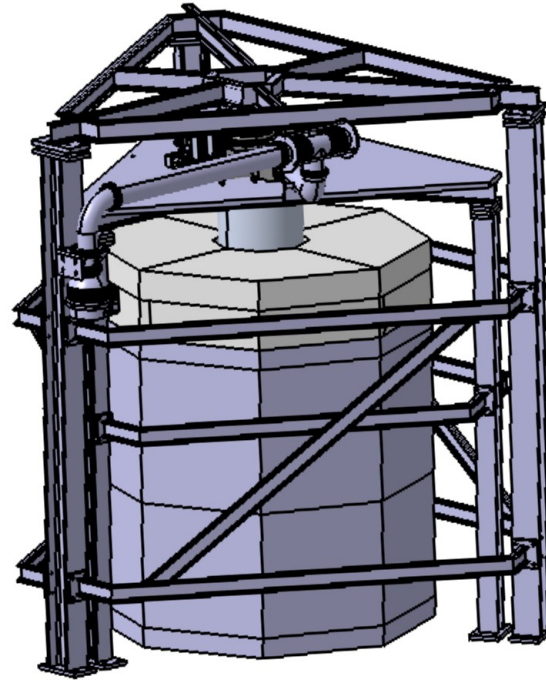
- compteur H2 sphérique pour les neutrons rapides



# Blindage passif



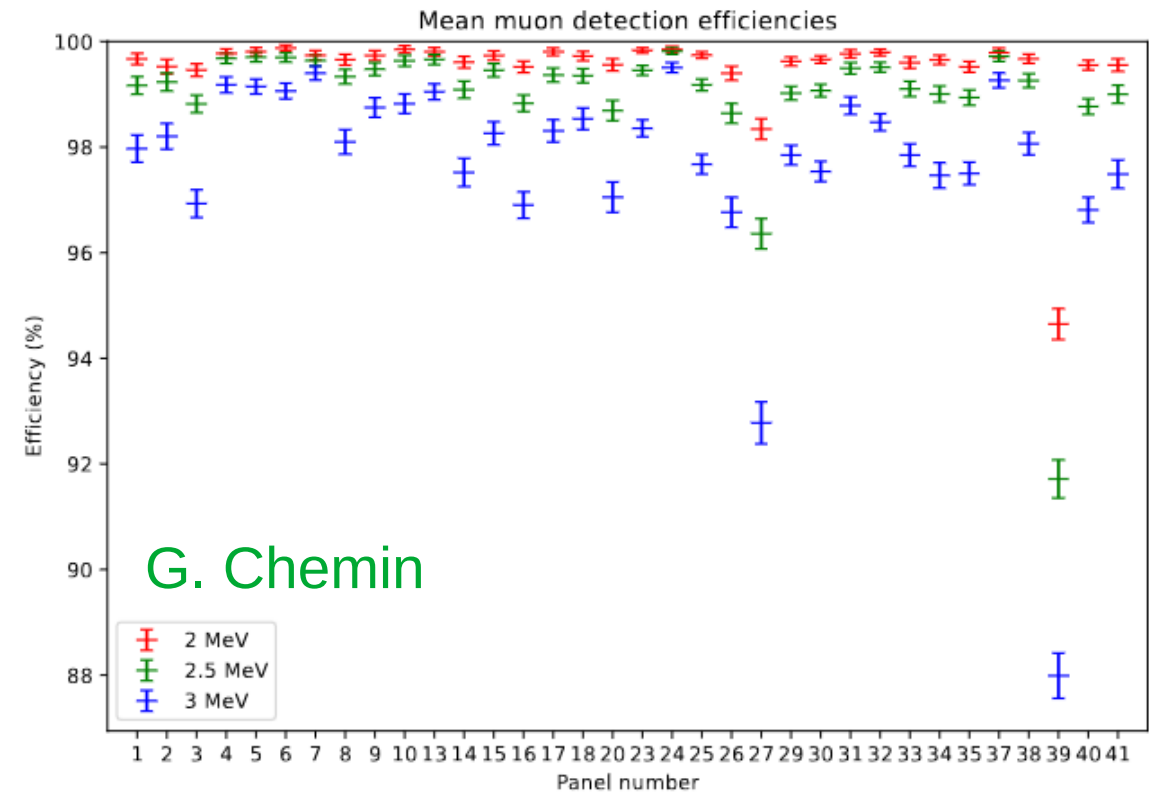
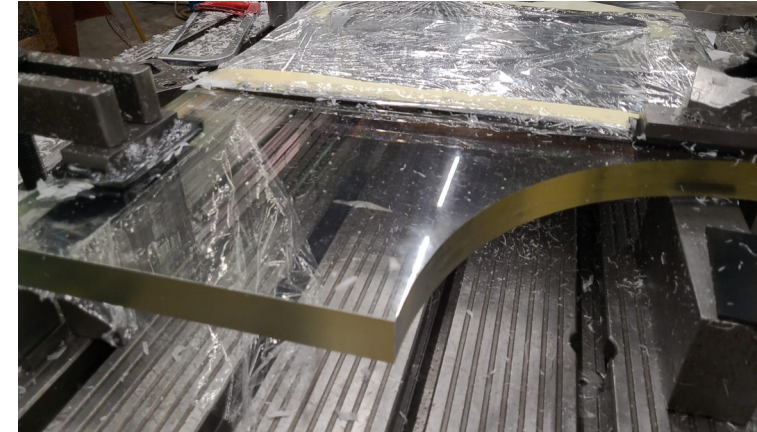
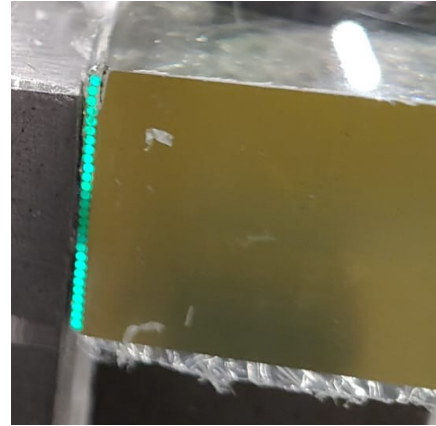
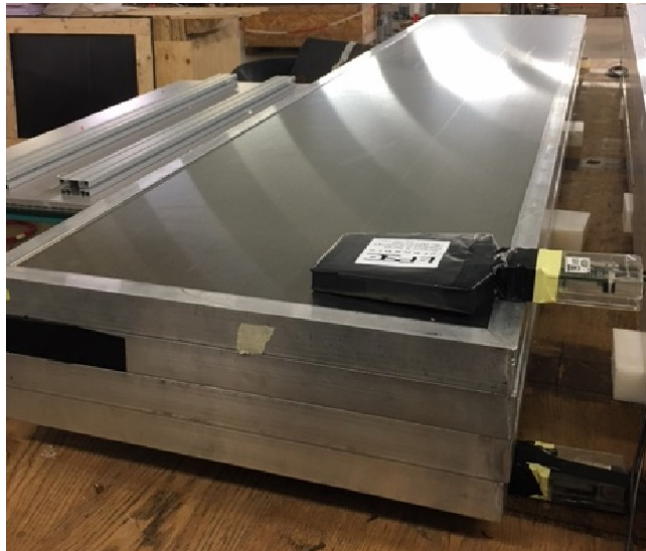
20 T de plomb,  
2 T de polyéthylène boré (PE),  
Fer doux

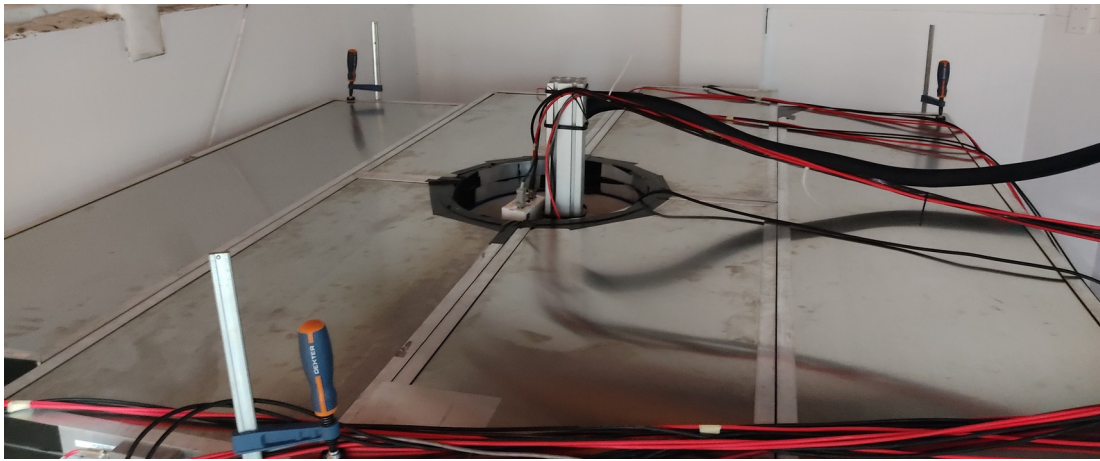


# Veto muon : réalisation

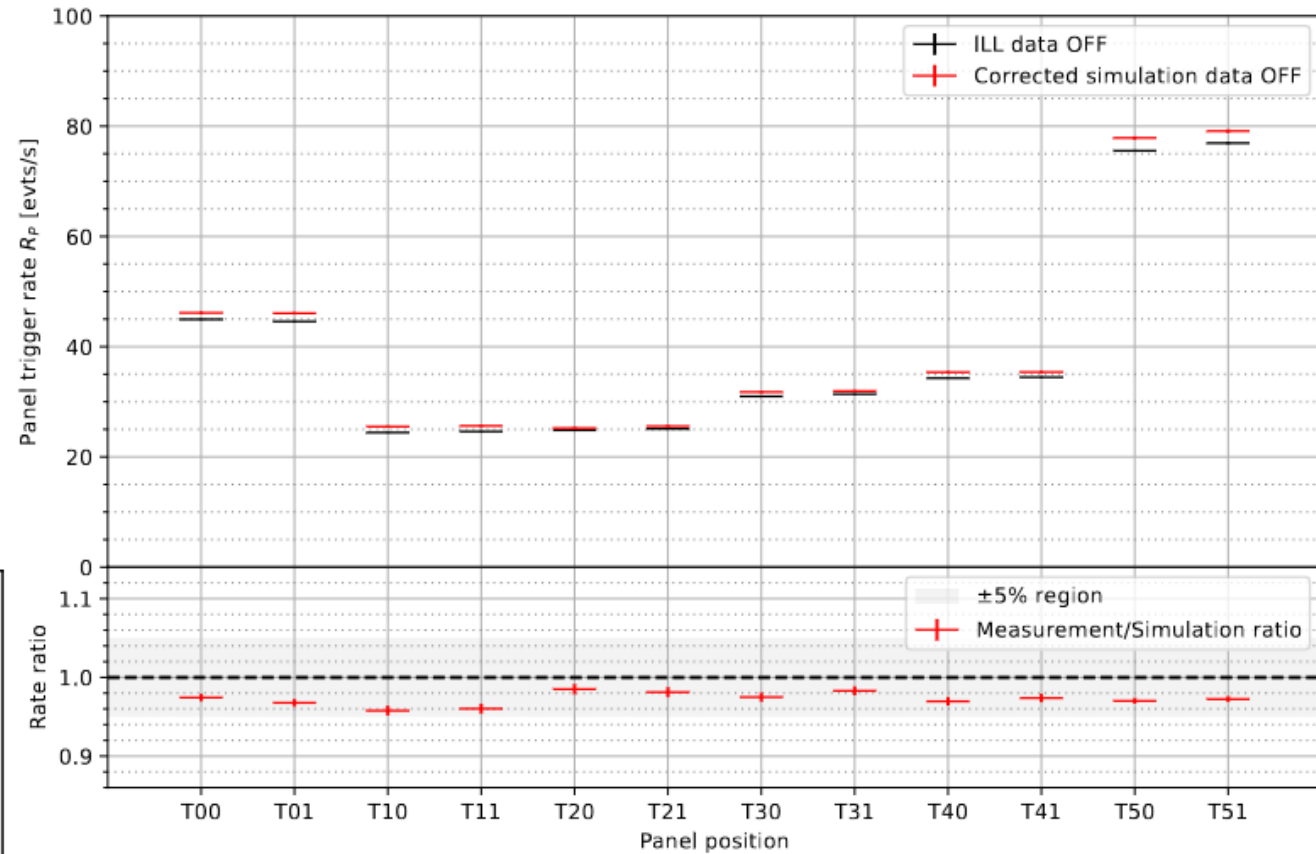
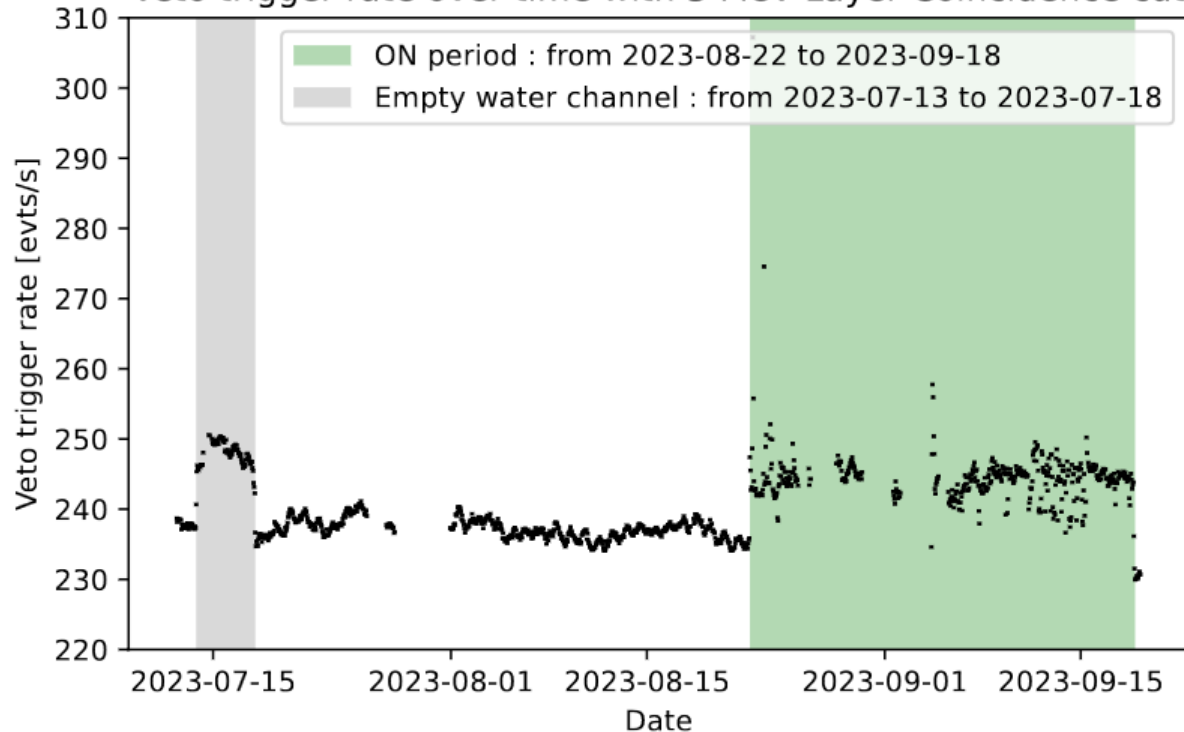


34 panneaux scintillateurs à adapter (découpe, changement PM,...)





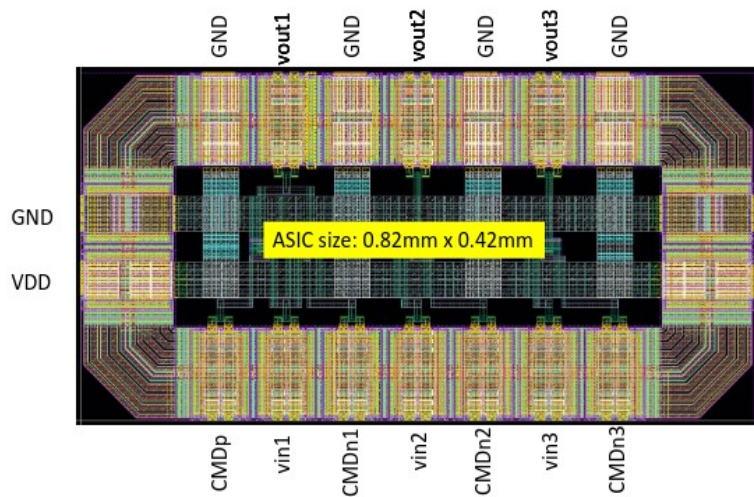
Veto trigger rate over time with 3 MeV Layer Coincidence cut



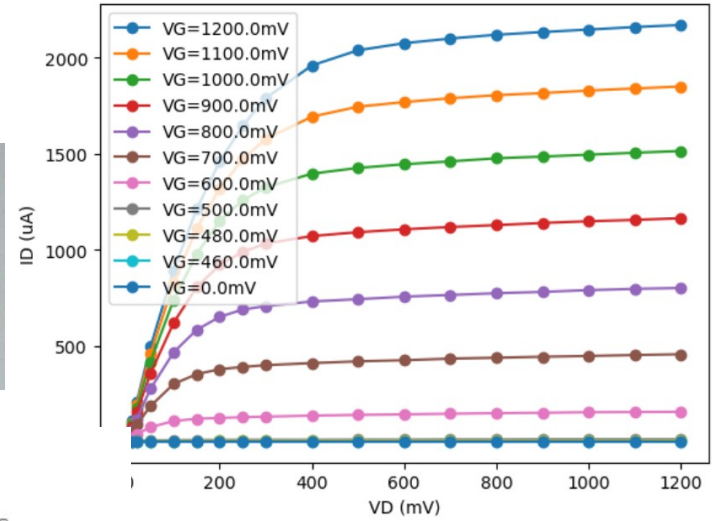
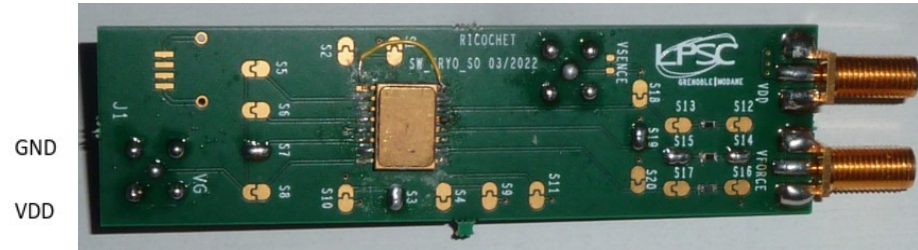
- ✓ Très bon accord entre données et simulation.
- ✓ Limite supérieure sur la variation de l'efficacité = 0.38 %

## Electronique de lecture des détecteurs cryogéniques :

- modélisation des transistors HEMT
- caractérisation d'une technologie CMOS 130nm

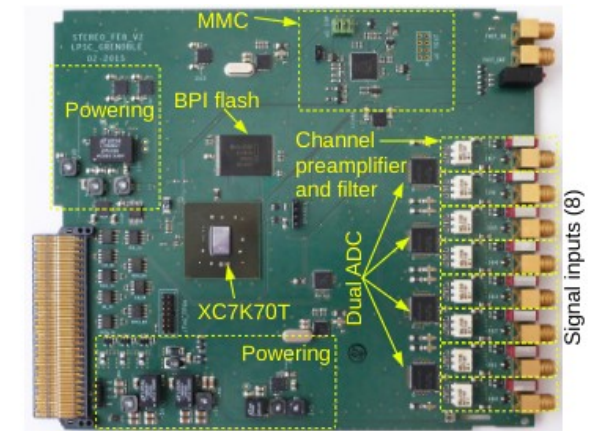
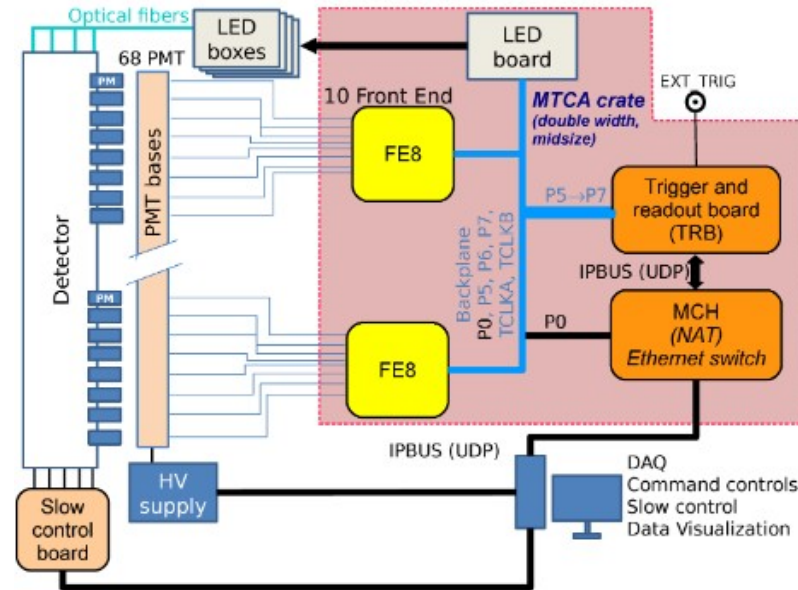


Carte test



## Acquisition des détecteurs veto :

- réutilisation électronique STEREO + adaptation du code d'acquisition
- conception carte DAQ SiPM pour le veto muon cryogénique



## Aménagement du site :

potence, rails, protection murs, fermeture zone, etc.

## Montage du blindage passif

## Installation du cryostat

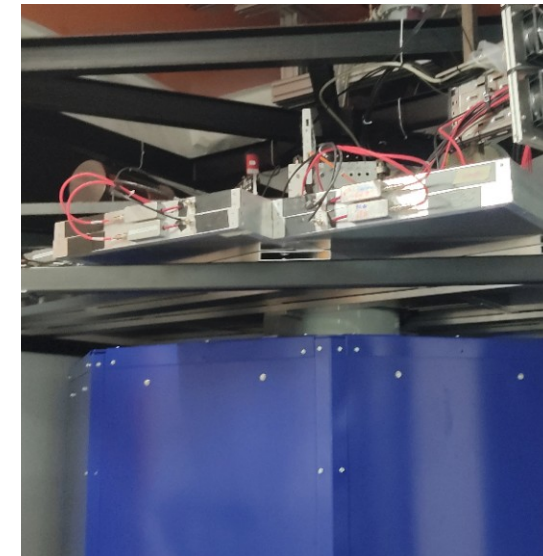
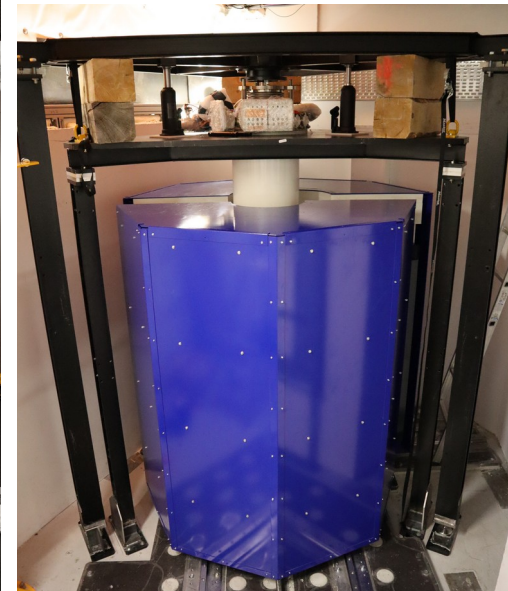
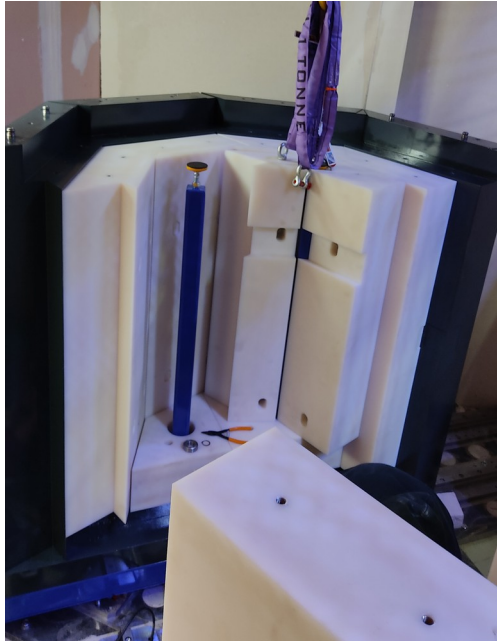
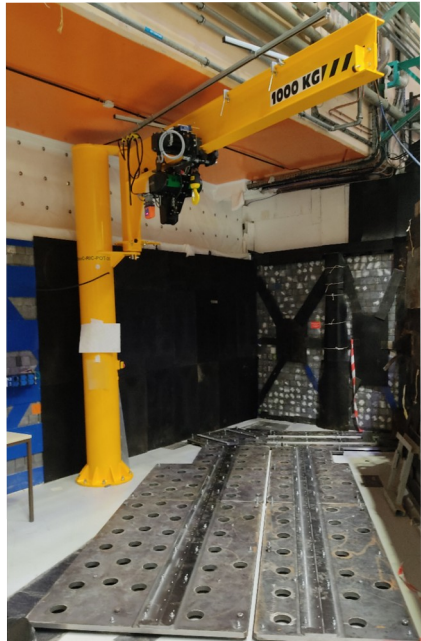
## Installation du veto

2022

Jan. / Mar. 2023

Nov. 2023 / Jan. 2024

May 2024





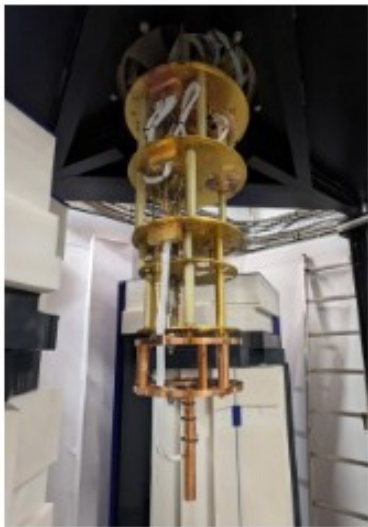
# Commissioning/Opération

Operational coordinator :  
V. Novati



Jan/Feb 2024

Run 012



Validation cryogénie ✓



Feb/Apr 2024

Run 013

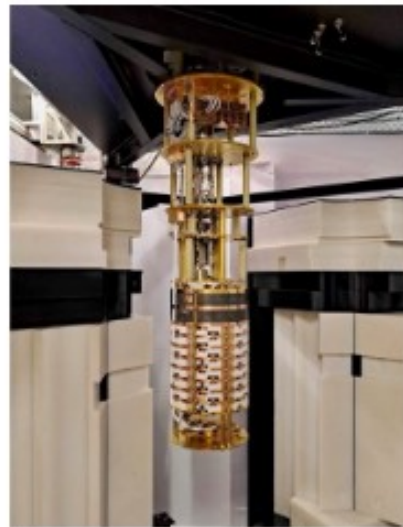


Premier test de détecteur et mesure des performances ✓

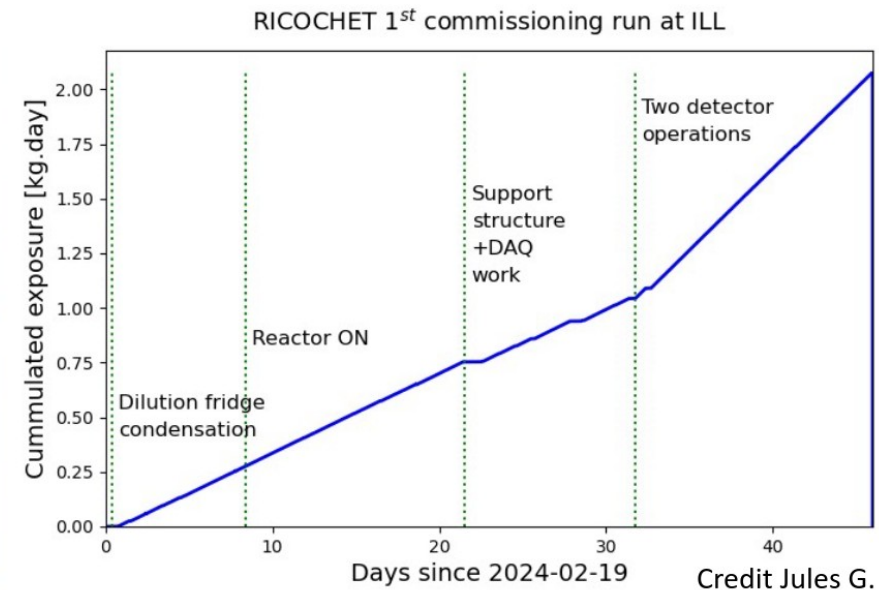
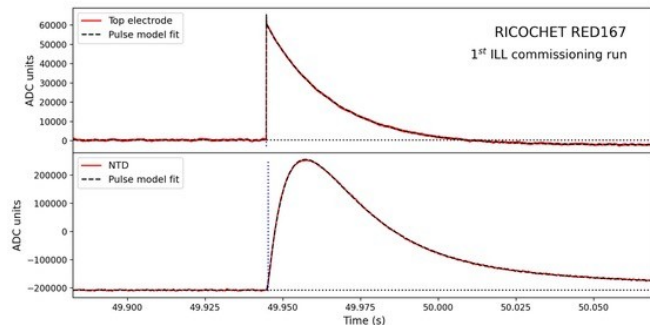
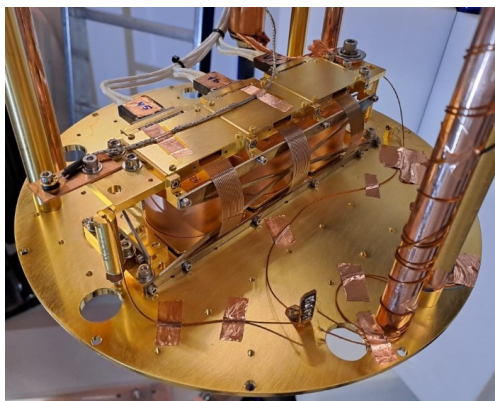


Apr/.. 2024

Run 014

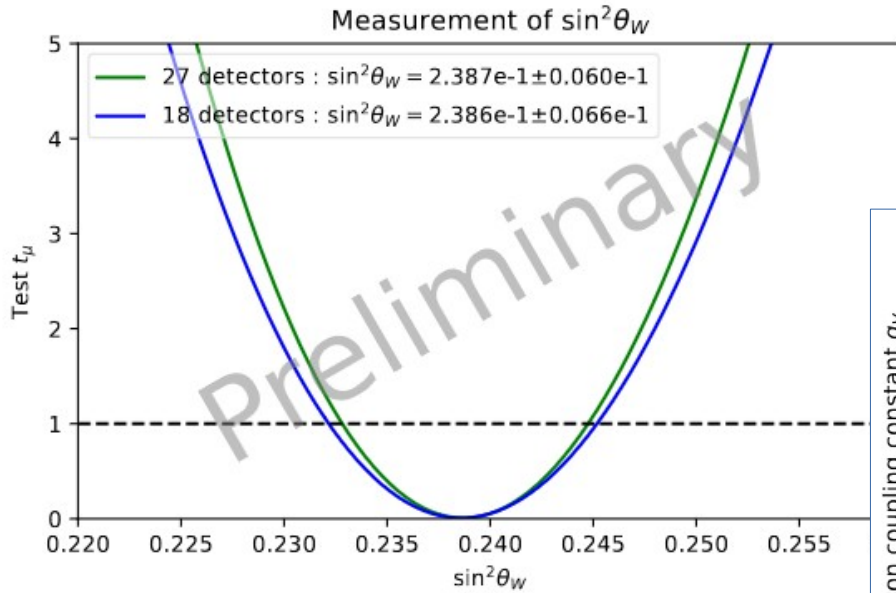


En cours.  
Validation des bruits de fond avec 3 détecteurs et le blindage interne.



Arrêt long du réacteur pendant le 2ème semestre 2024.  
Redémarrage début 2025.

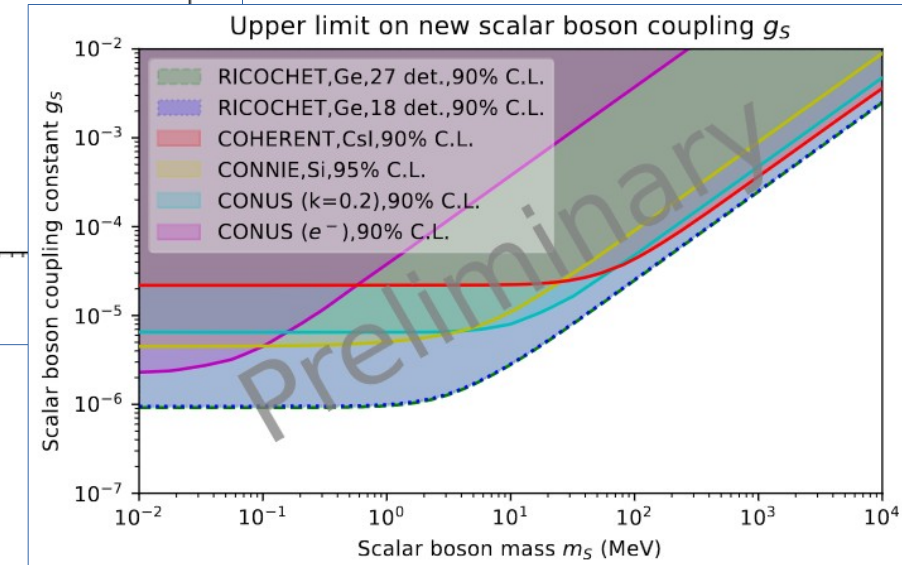
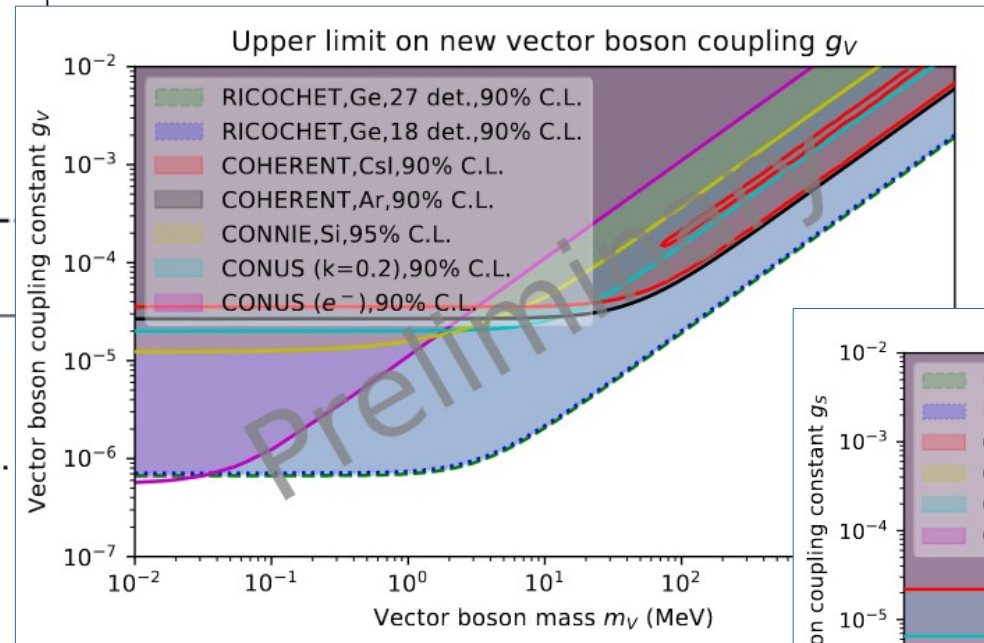
Développement d'outils pour quantifier la sensibilité aux différents canaux de physique.



:  $\sin^2 \theta_W = 0.239 \pm 0.007$  (3% precision).

APV  $\sin^2 \theta_W = 0.2367 \pm 0.0018$  (PDG 2022).

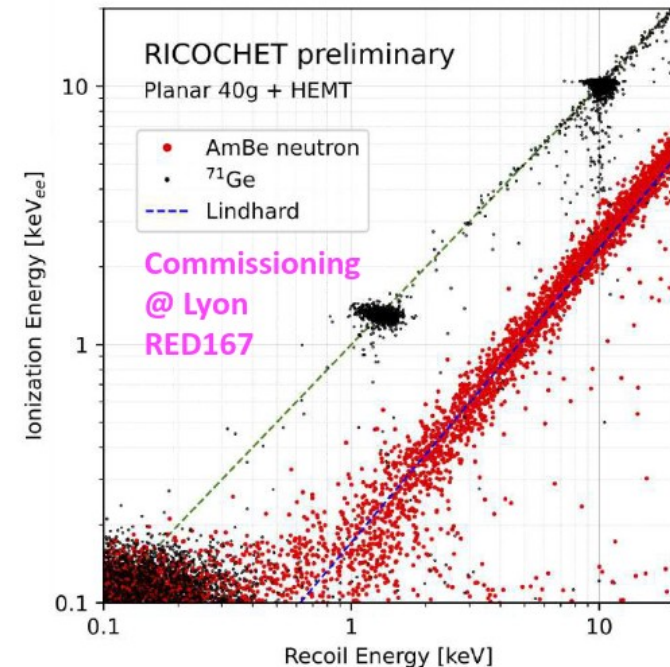
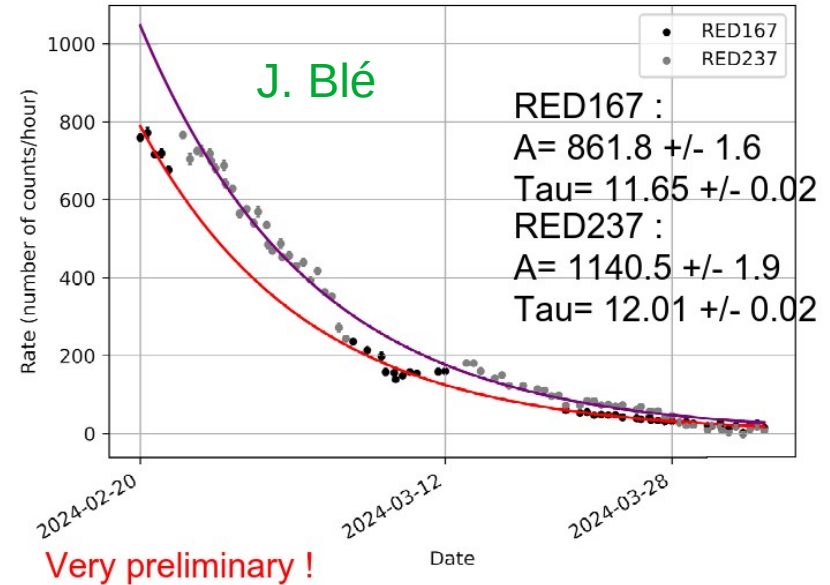
$$\mathcal{L}(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\theta}) = \mathcal{L}(\boldsymbol{\theta}) \times \prod_i^{N_{\text{bins}}} P \left( N_{i,\text{obs}} | N_{i,\text{sig}}(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\theta}) + N_{i,\text{bg}}(\boldsymbol{\theta}) + \Delta N_{i,\text{sig}}^{\text{cal}}(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\theta}_{\text{cal}}) \right)$$



Nécessité de prendre en compte les performances du détecteur (réponse en énergie, bruit de fond, etc.) mesurées in situ.

## Implications présentes et futures :

- ▶ Extraction du signal (trigger soft)
- ▶ Etalonnage
  - Reculs électronique
  - Reculs nucléaires (quenching)
- ▶ Bruits de fond
  - Cosmiques, réactogéniques
  - Bolomètres, détecteurs annexes
- ▶ Sélection des événements
- ▶ Systématiques
- ▶ Analyses statistiques

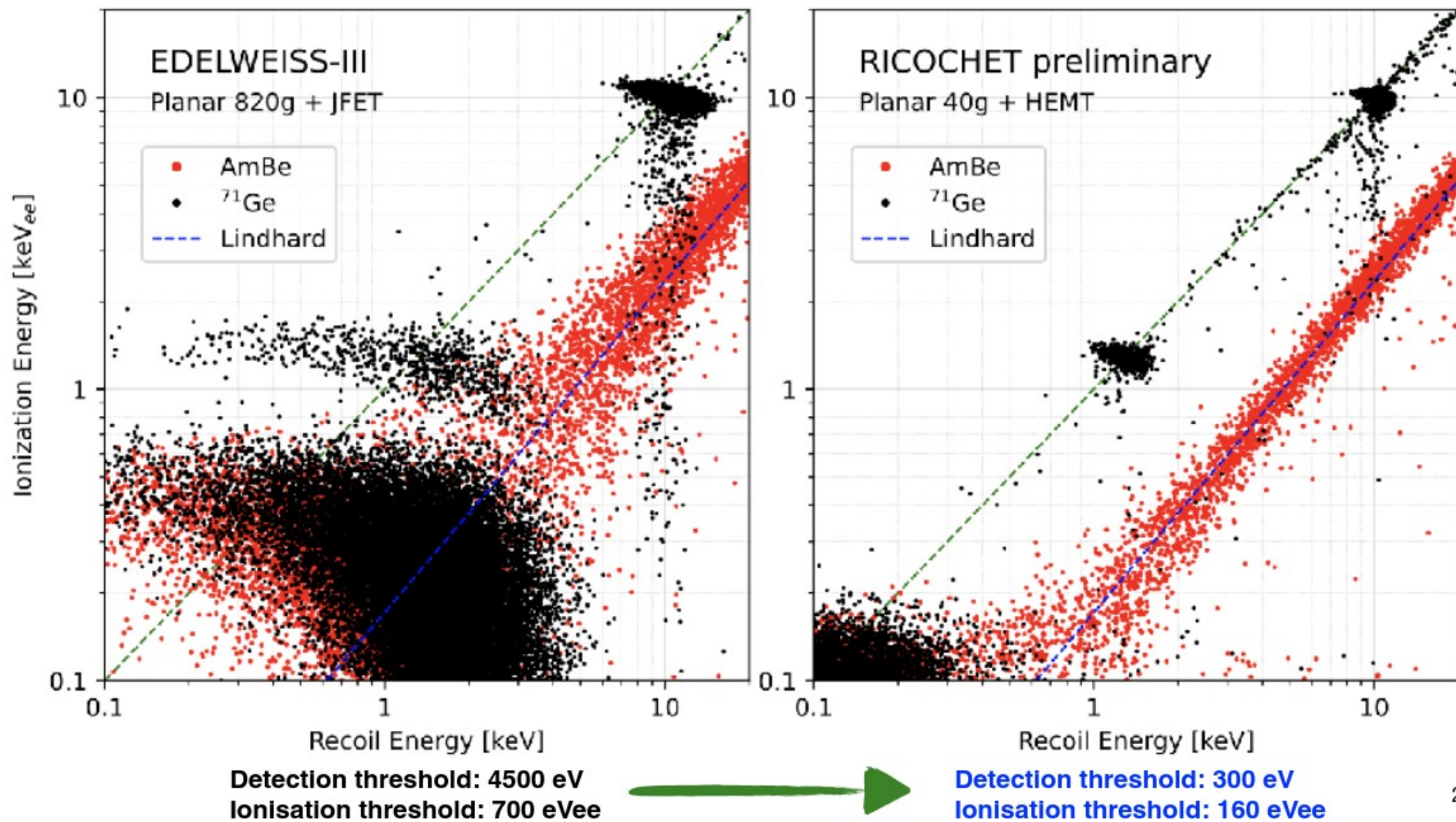


- ▶ La collaboration RICOCHET a installé l'expérience à l'ILL avec succès (avec 3 détecteurs).
- ▶ Les performances nominales du détecteur ne sont pas encore atteintes mais les premières mesures sont encourageantes et des améliorations sont en cours.
- ▶ Montée en puissance sur l'analyse avec les premières données.  
Premières publications sur les performances prévues pour fin 2024.
- ▶ Le Cryocube sera complet (18 détecteurs) début 2025, et prendra des données jusque fin 2026 avec un objectif de ~300 jours de données réacteur ON.
- ▶ Poursuite envisageable au-delà de 2026 mais sous condition d'acceptation par l'ILL.
- ▶ Le LPSC a une grande visibilité au sein de la collaboration avec de nombreuses contributions et responsabilités.

BACKUP

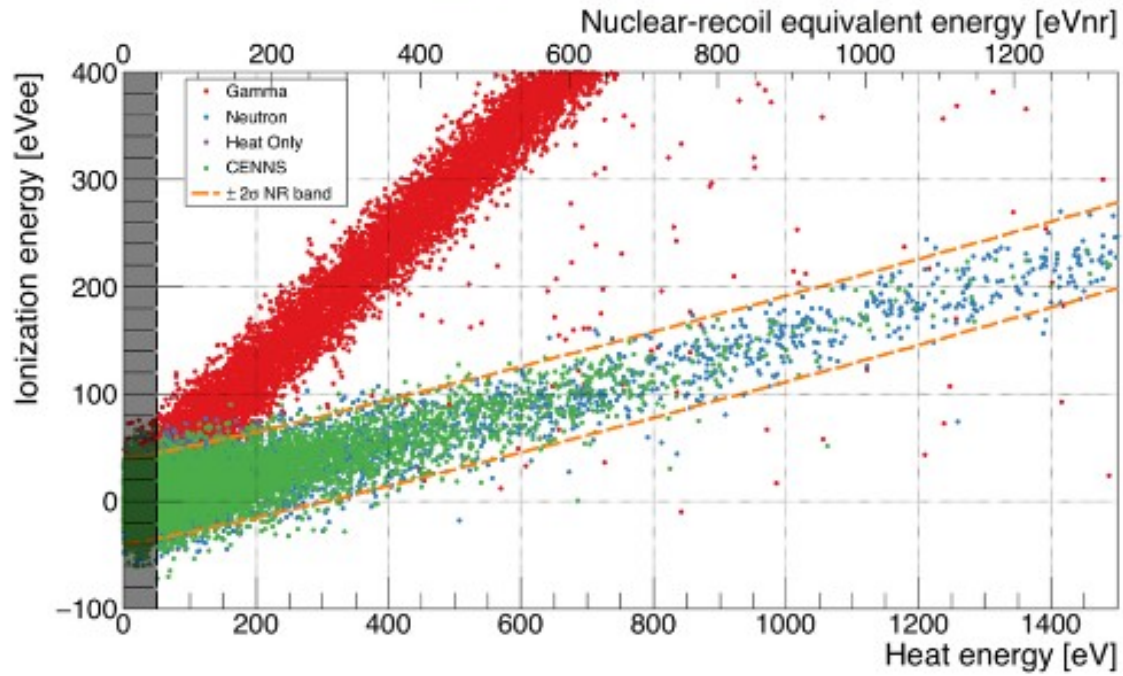
# RICOCHET: *Commissioning at IP2I*

**July-November 2023 - RUN010/011:** First Ricochet data with a MiniCryoCube

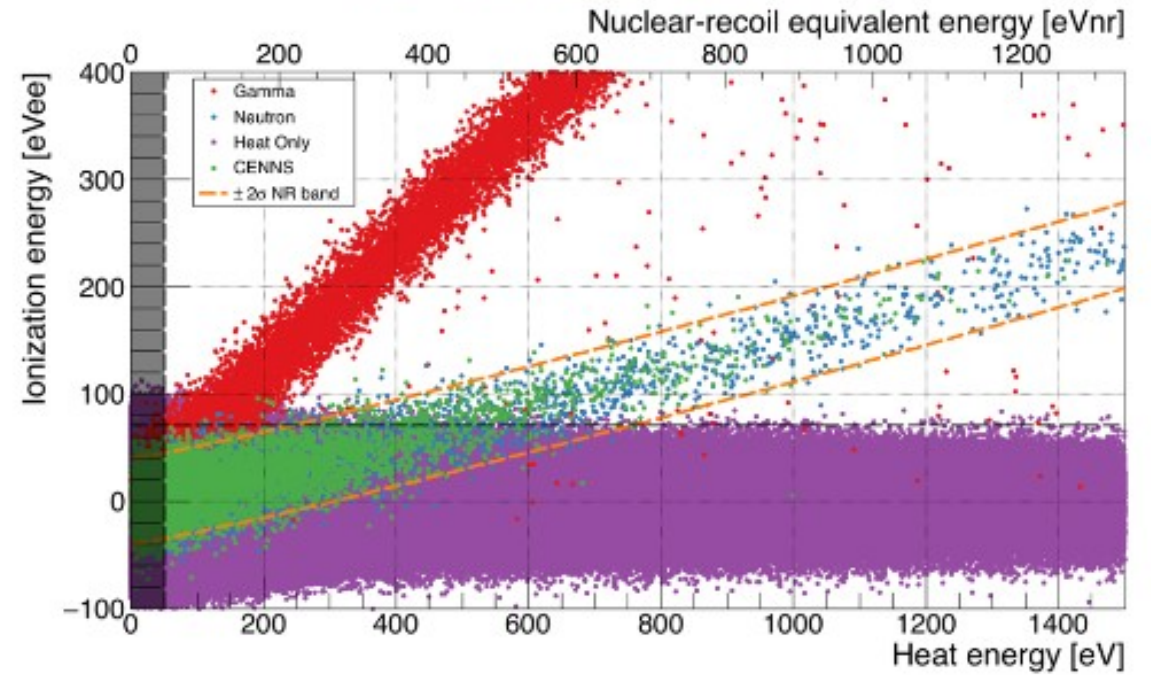


# Evenements « Heat Only »

*Baseline scenario*

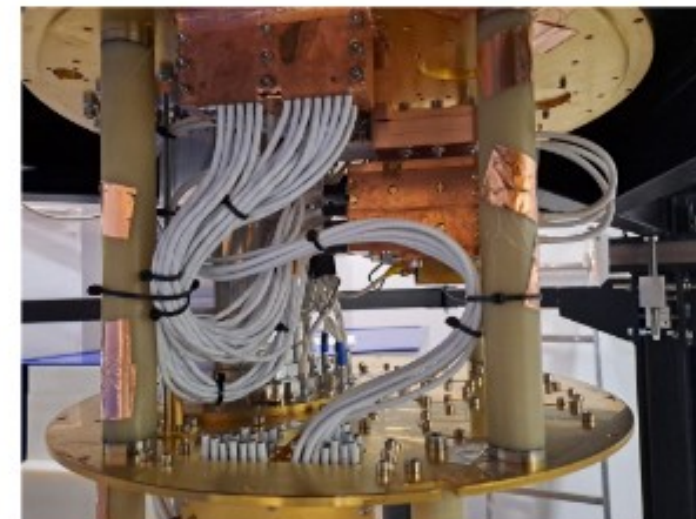
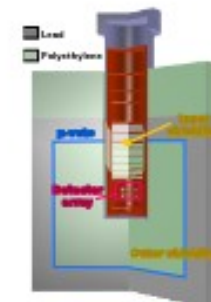


*Worst case scenario*



# Ricochet: Commissioning @ ILL

December 2023 – Fall 2024



**Vibrations mitigation: outside and inside the cryostat:**

- Double frame
- Fabreka pads
- Rotary valve decoupling (third frame fixed onto water channel)
- Wiring firmly attached @ all cold stages
- ...