



Institut national de physique nucléaire et de physique des particules

A composite image showing particle tracks on the left and a colorful cosmic nebula on the right. The tracks are thin lines of various colors (yellow, orange, red, blue) radiating from a central point. The nebula is a complex, multi-colored structure with shades of purple, pink, green, and blue, set against a dark background with stars.

Sonder les infinis : des particules au cosmos

CSI 23 octobre 2023

Recherche directe de matière noire

Vincent Poireau – Directeur adjoint scientifique astroparticules & cosmologie

Ordre du jour (matin) 23 octobre

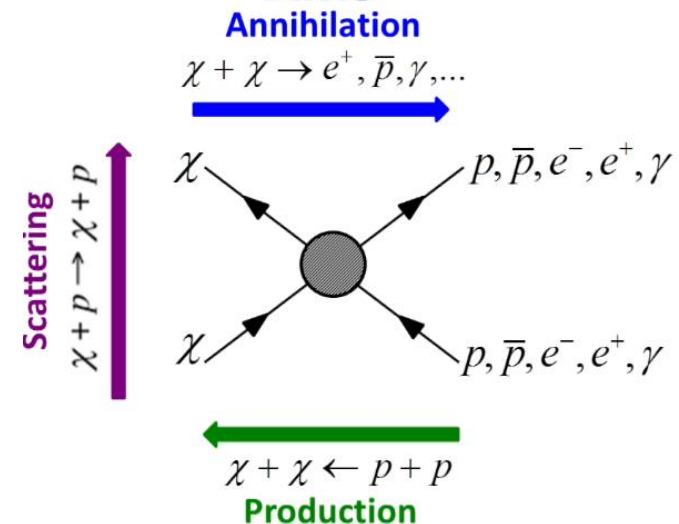
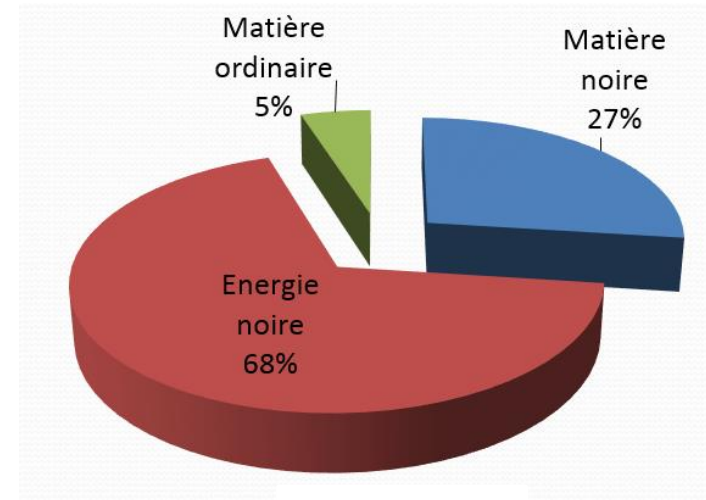
- 9h30 : intro + cadrage de la session
- 09h55 - 10h30 (30+5 min) : introduction à la phénoménologie de la matière noire
 - Marco Cirelli (LPTHE)
- 10h30 – 11h40 (50+20 min) pour avis : TESSERACT
 - Julien Billard (IP2I) et Silvia Scorza (LPSC)
 - Rapporteurs ext. : Karoline Schaeffner (Max Planck Institute) et Pierre Brun (IRFU)
- 12h00 - 12h30 (20+10 min) pour info : DAMIC
 - Antoine Letessier-Selvon (LPNHE)
- 12h30 - 13h00 (20+10 min) pour info : MIMAC
 - Daniel Santos (LPSC)

Ordre du jour (après-midi) 23 octobre

- 14h00 – 15h10 (50+20 min) pour avis : XENONnT, R&D associée (XELAB), et futures expériences (DARWIN)
 - Luca Scotto Lavina (LPNHE)
 - Rapporteurs ext. : Paolo Gorla (LNGS/INFN) et Pierre Brun (IRFU)
- 15h30 - 16h40 (50+20 min) pour avis : DARKSIDE
 - Pascal Pralavorio (CPPM)
 - Rapporteurs ext. : Paolo Gorla (LNGS/INFN) et Pierre Brun (IRFU)
- 16h40 - 17h10 (20+10 min) : MADMAX
 - Fabrice Hubaut (CPPM)

La matière noire

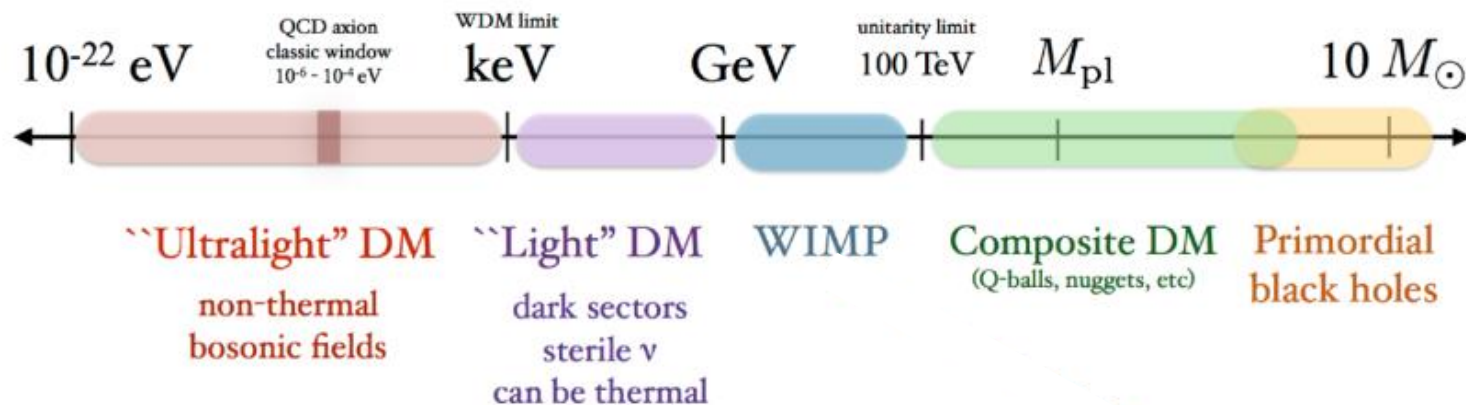
- Une très large fraction de notre Univers nous est inconnue
- Matière noire : 27 % de notre univers est composé de **matière inconnue** (autre que électrons, quarks, ...)
- « **Observation** » : courbe de rotation des galaxies, émission X, lentilles gravitationnelles, fond diffus cosmologique
- Plusieurs manières de la **détecter**
 - Production : LHC
 - Annihilation (indirecte) : AMS, HESS, CTA, KM3NeT, ...
 - Par sa masse (indirecte): LSST, Euclid, ...
 - Diffusion (directe) : le sujet du jour



La matière noire

- Fin du paradigme du **WIMP**

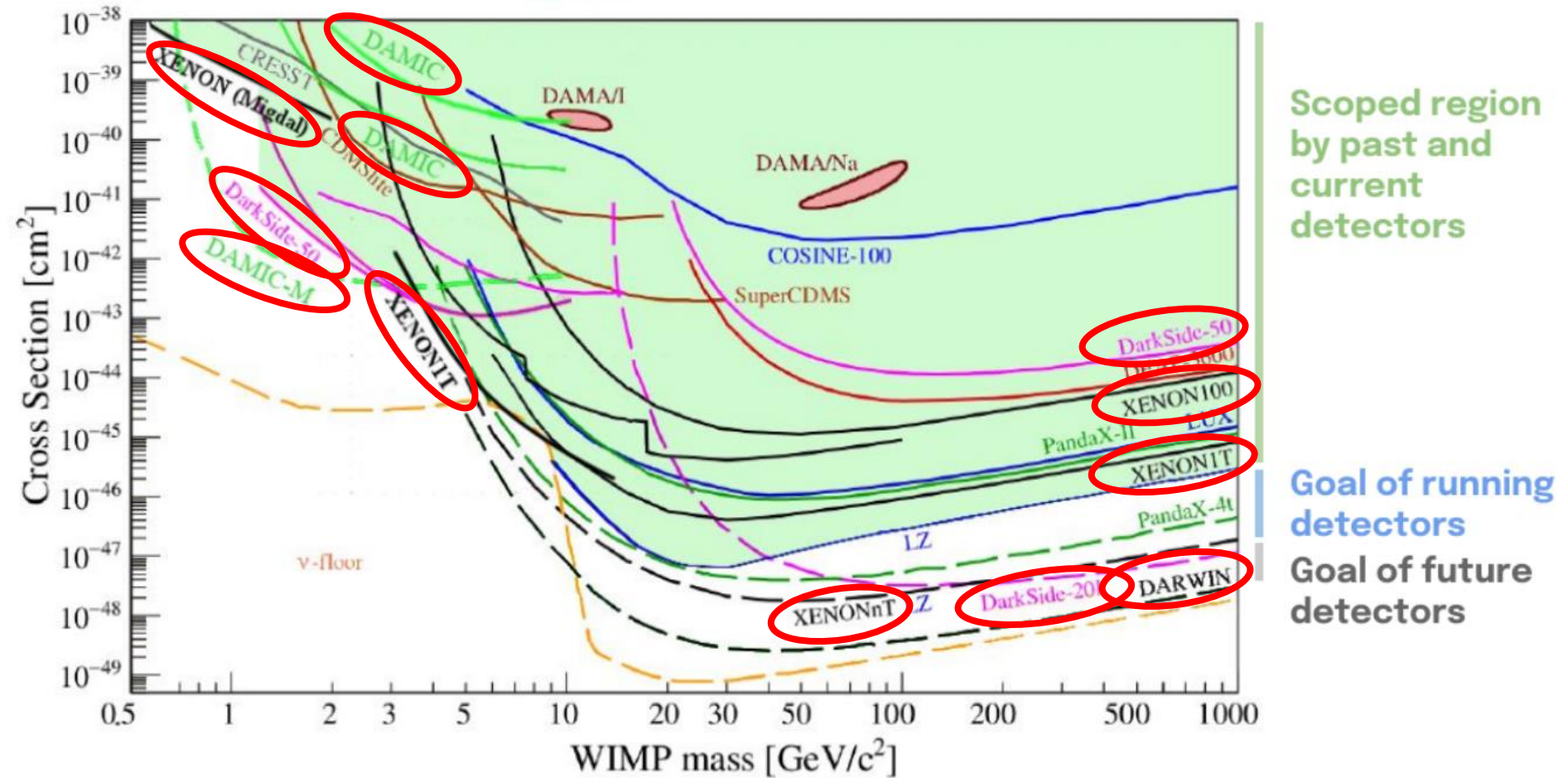
- Toutes les masses de matière noire sont imaginables... et parfois justifiées théoriquement !
- WIMP, particules sub-GeV, axions, axion-like particle, ...



- Matière noire : un sujet de prédilection à l'IN2P3

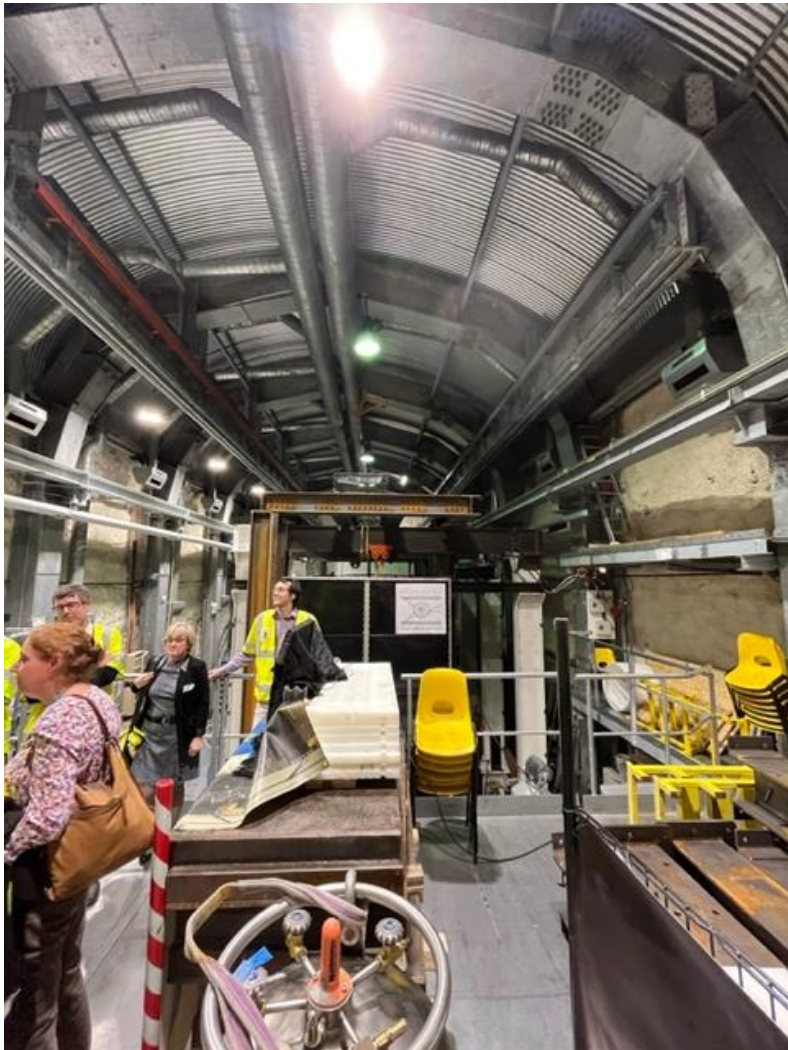
- Beaucoup d'activités expérimentales et théoriques depuis de nombreuses années
- 47 ch (19 FTE), 25 docs/postdocs, 48 IT (13 FTE)
- Profiter du LSM, laboratoire le plus profond d'Europe !
- Ce sujet est en particulier traité dans le GDR DuPhy (Deep Underground Physics), <https://gdrduphy.in2p3.fr> (mais également dans l'IRN Terascale)

Limites actuelles et à venir



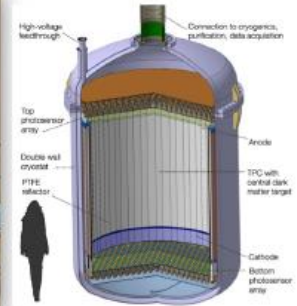
LSM

- 40 ans du LSM fêtés le 17 octobre



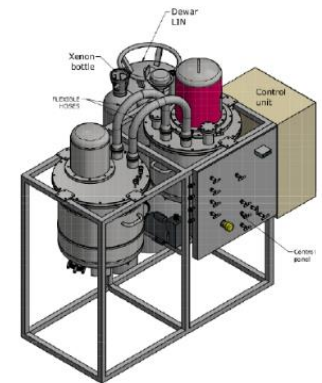
23/10/2023

XENON



XENON10	XENON100	XENON1T	XENONnT	DARWIN
2005-2007	2008-2016	2012-2019	2018 - 2026 (commissioning)	2026 -
25 kg – 15 cm drift	160 kg - 30 cm drift	3.2 t – 1 m drift	8.6 t – 1.5 m drift	50 t – 2.6 m drift
$\sim 10^{-43} \text{ cm}^2$	$\sim 10^{-45} \text{ cm}^2$	$4 \times 10^{-47} \text{ cm}^2$	$* 1.4 \times 10^{-48} \text{ cm}^2$	$* \sim 10^{-49} \text{ cm}^2$

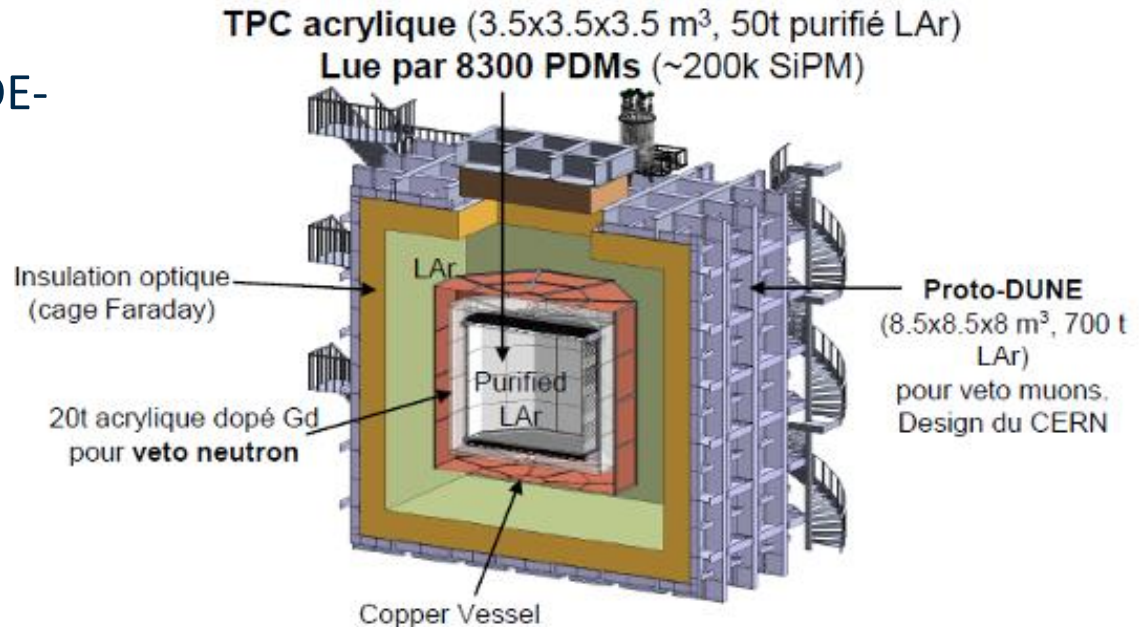
- **XENONnT** utilise du xénon liquide
 - Situé au Gran Sasso
 - Premier run scientifique en avril 2022
 - Labos : LPNHE, Subatech
- **XELAB**: R&D IN2P3 au LPNHE pour étudier un nouveau type d'électrode (et les systématiques)
- **Darwin**: 40 tonnes de xénon liquide pour atteindre le « neutrino floor »



DARKSIDE

- **DARKSIDE** utilise de l'argon liquide

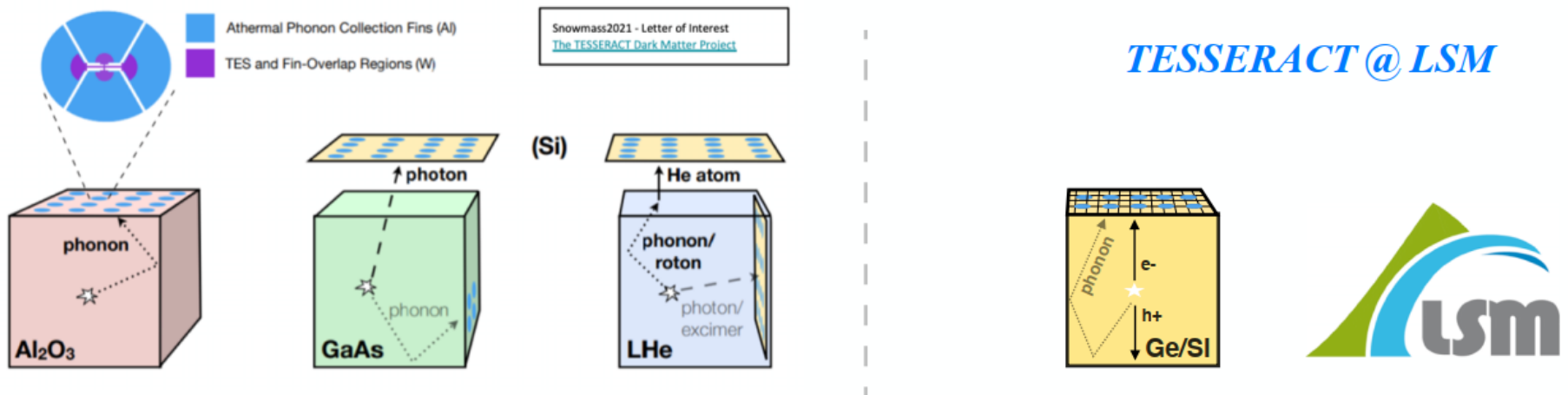
- De DARKSIDE-50 à DARKSIDE-20k
- Situé au Gran Sasso
- Prise de données en 2027
- Labos : APC, CPPM, LPNHE
- Compétition directe avec XENONnT
 - Technologie différente



TESSERACT

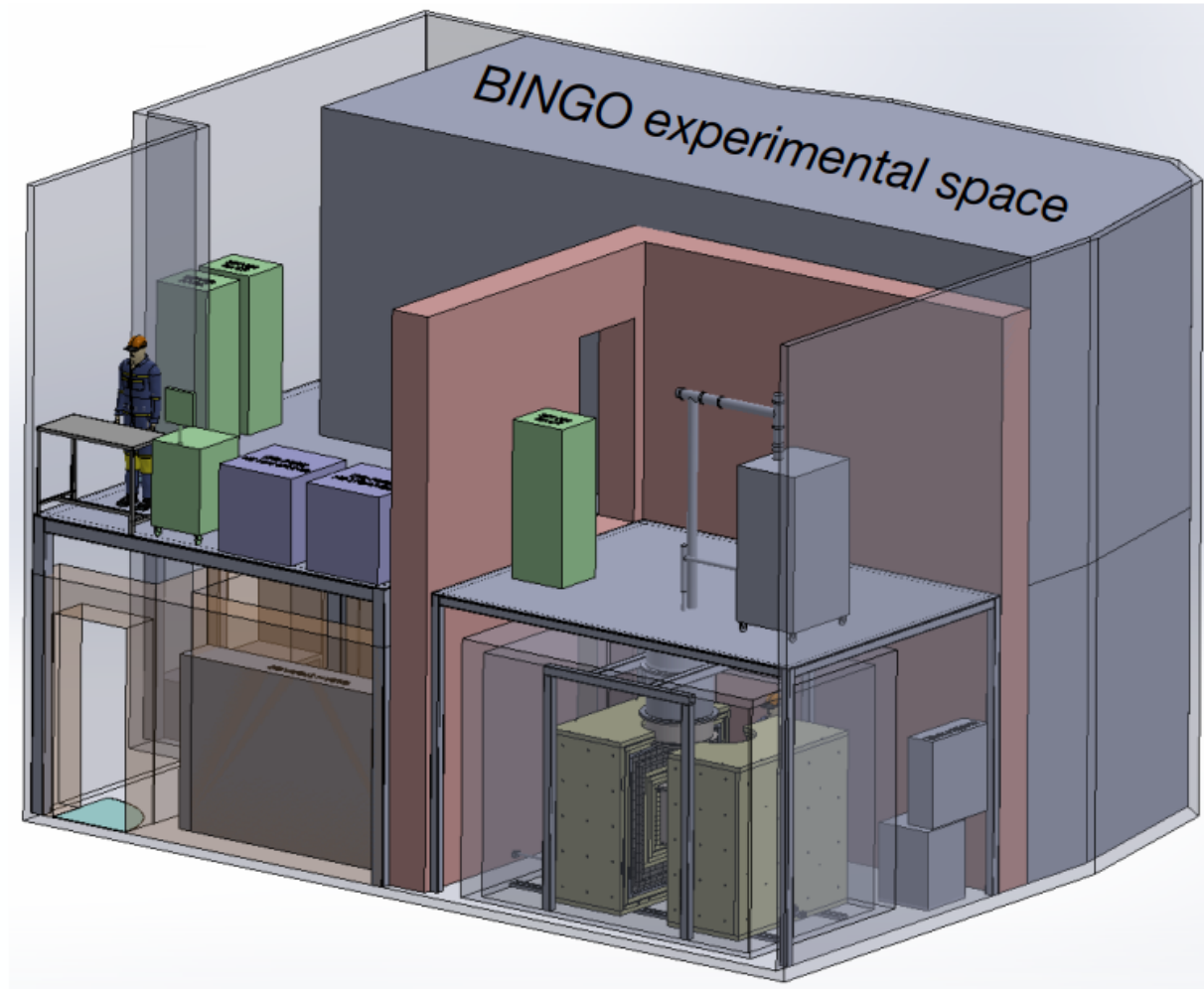
- Une nouvelle expérience pour sonder 12 ordres de grandeur, du meV au GeV
 - Détecteurs cryogéniques à très bas seuil
 - Plusieurs technologies utilisées

Transition Edge Sensors with Sub-Ev Resolution And Cryogenic Targets



- Expérience financée par le DOE (phase R&D)
 - LBNL est le laboratoire pilote
 - En recherche active d'un laboratoire souterrain
 - Le LSM !
 - Technologie IN2P3 : germanium basé sur l'expertise Edelweiss, Ricochet et CUPID
 - Labos : IP2I, LPSC, IJCLab
 - Equipe matière noire (DR+CR) en cours de création au LPSC

TESSERACT @ LSM



- Première phase prévue pour 2026

Questions au conseil

We ask the council to examine:

- the current commitments and future contributions of the institute teams in the XENONnT and DARKSIDE experiments
- the proposal for commitments of the institute teams in the TESSERACT project.

In particular, for these three projects:

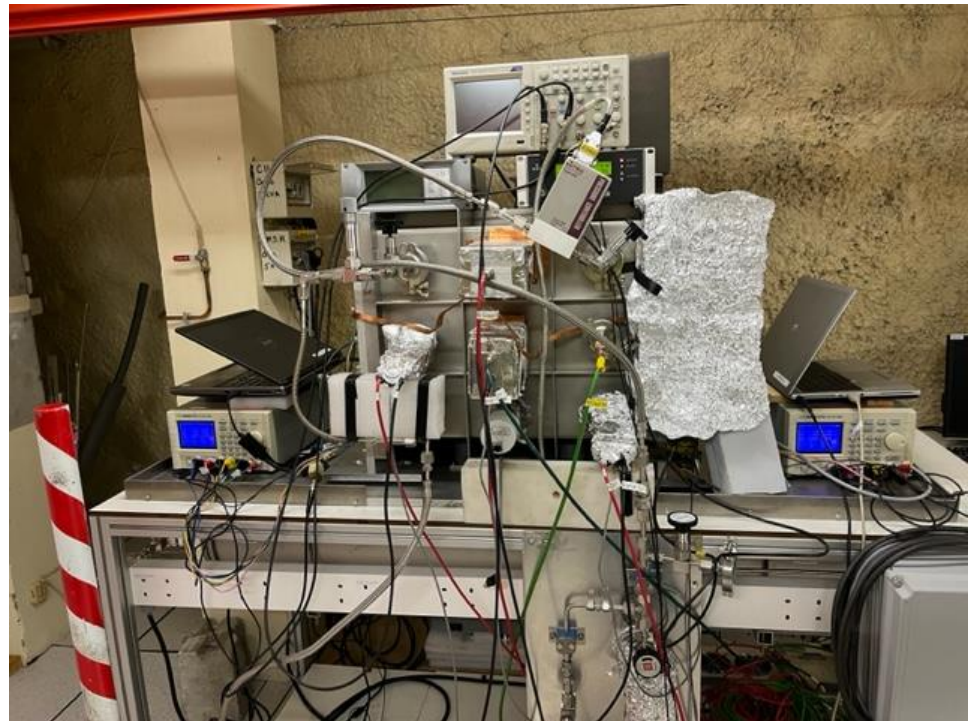
- What is the scientific return expected from the project? Is it coherent with the « science drivers » identified during the IN2P3 planning exercise? In this case: 1) Identify the nature of dark matter and 2) Explore further the physics associated with the properties of neutrinos
- What are the main features (strengths and weaknesses) of the IN2P3 contributions to the project? How do these contributions compare with other international institutes involved in the project?
- Is the overall commitment of the teams involved in the project sufficient? Is it strong enough to reach the objectives? Does it allow for a strong scientific return, in line with the efforts and investments that are planned?

- **DAMIC-Modane (DAMIC-M)**
 - ERC 2019-2024
 - Technologie : CCD épais (1 mm), dit skipper
 - 1 kg de CCD
 - Matière noire basse masse
 - Installation en 2024 pour 2 ans de prises de données
 - Labos : IJCLab, LPNHE, LPSC/LSM, SUBATECH



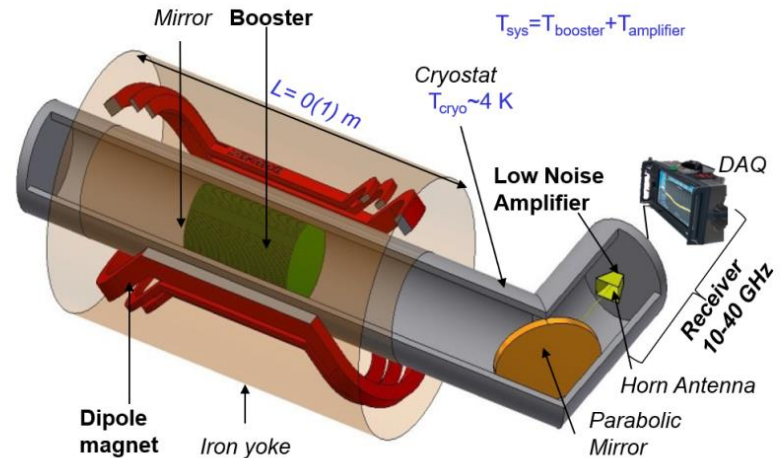
MIMAC

- L'objectif est de mesurer la **directionnalité** des particules de matière noire
 - Prouver que le signal provient d'un vent de WIMP
- Matrice de micro TPC utilisant des détecteurs micromegas
- Situé à Modane
- Labo : LPSC, CPPM

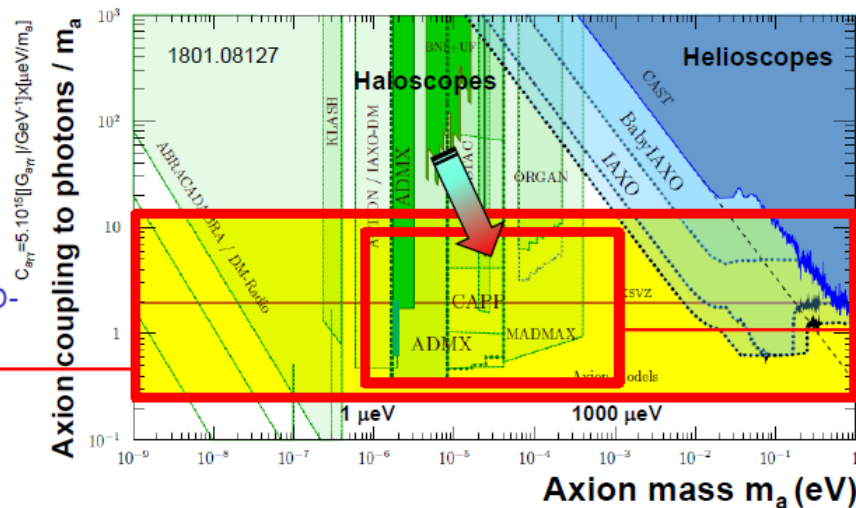


MADMAX

- Détecter les **axions**
 - 40-400 10^{-6} eV
- Haloscope diélectrique
- Situé à DESY Hambourg
- Prise de données en 2028
- Labo : CPPM
- Bénéficie d'une interaction forte avec DESY et DMLab



Yellow band: QCD-axion, i.e. solving strong CP pb



2020
2030

Favored axion DM phase space

FIN