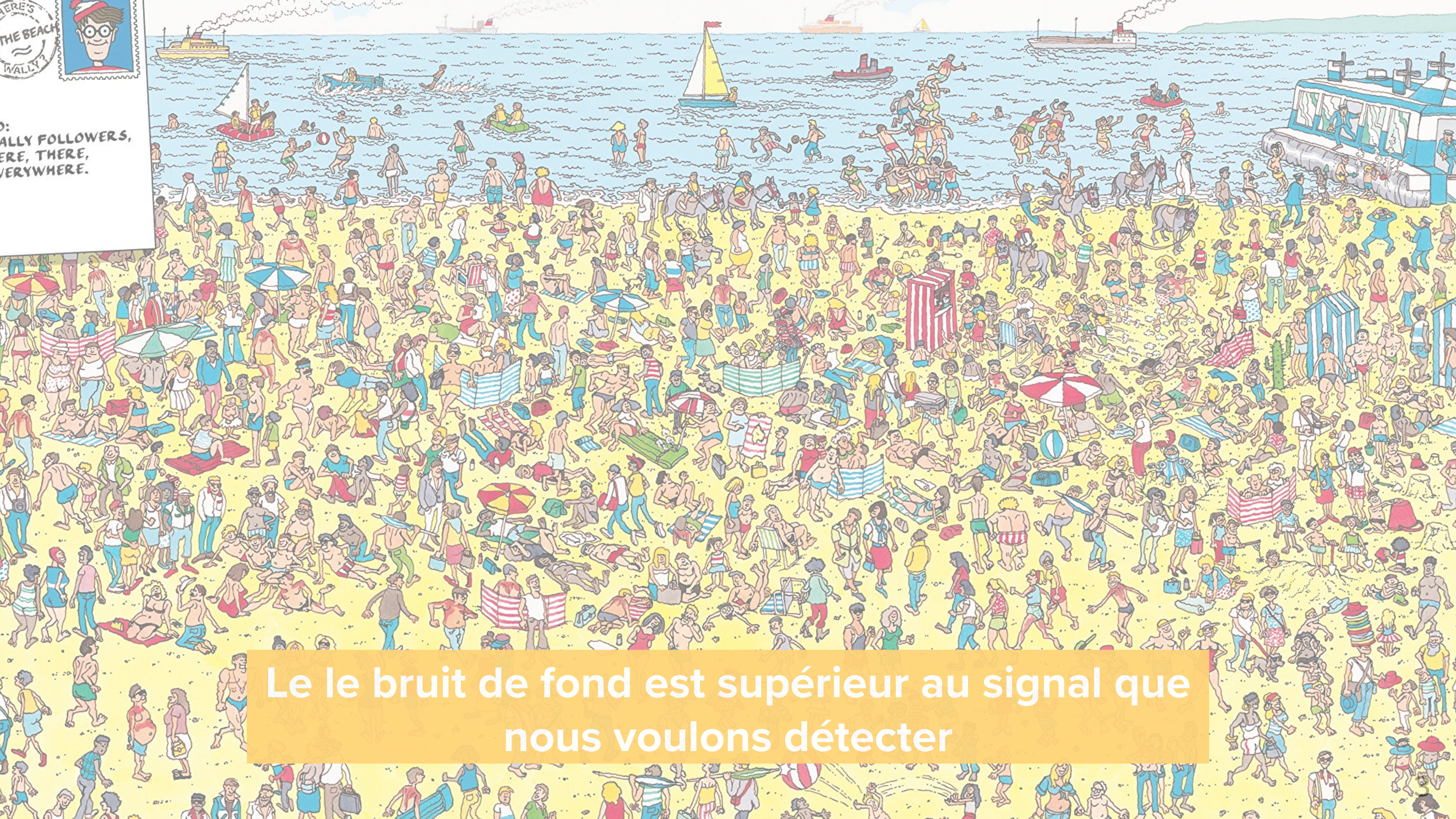


LA RECHERCHE AU LSM : LE FUTUR



...ALLY FOLLOWERS,
ERE, THERE,
VERYWHERE.

Le le bruit de fond est supérieur au signal que nous voulons détecter



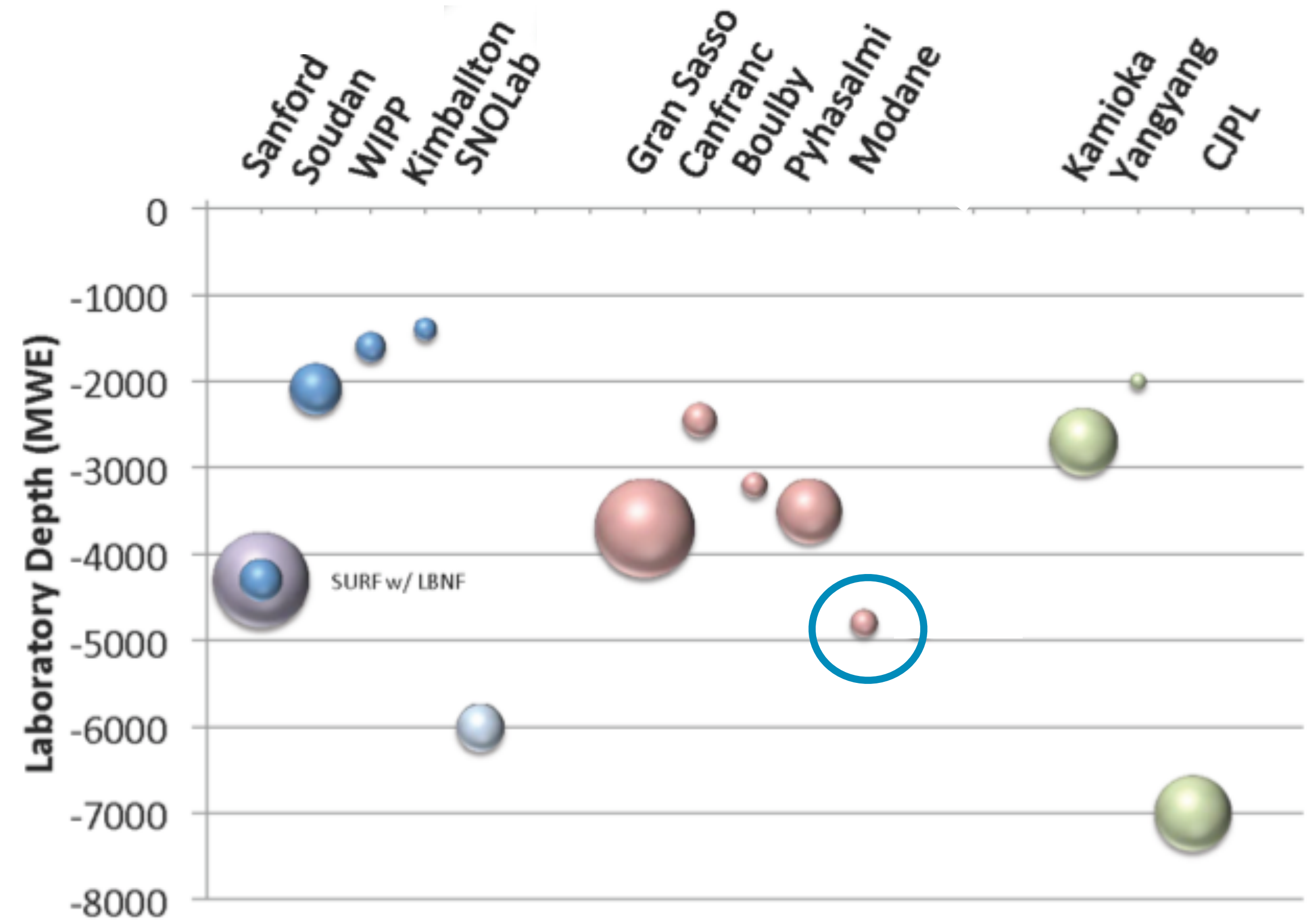
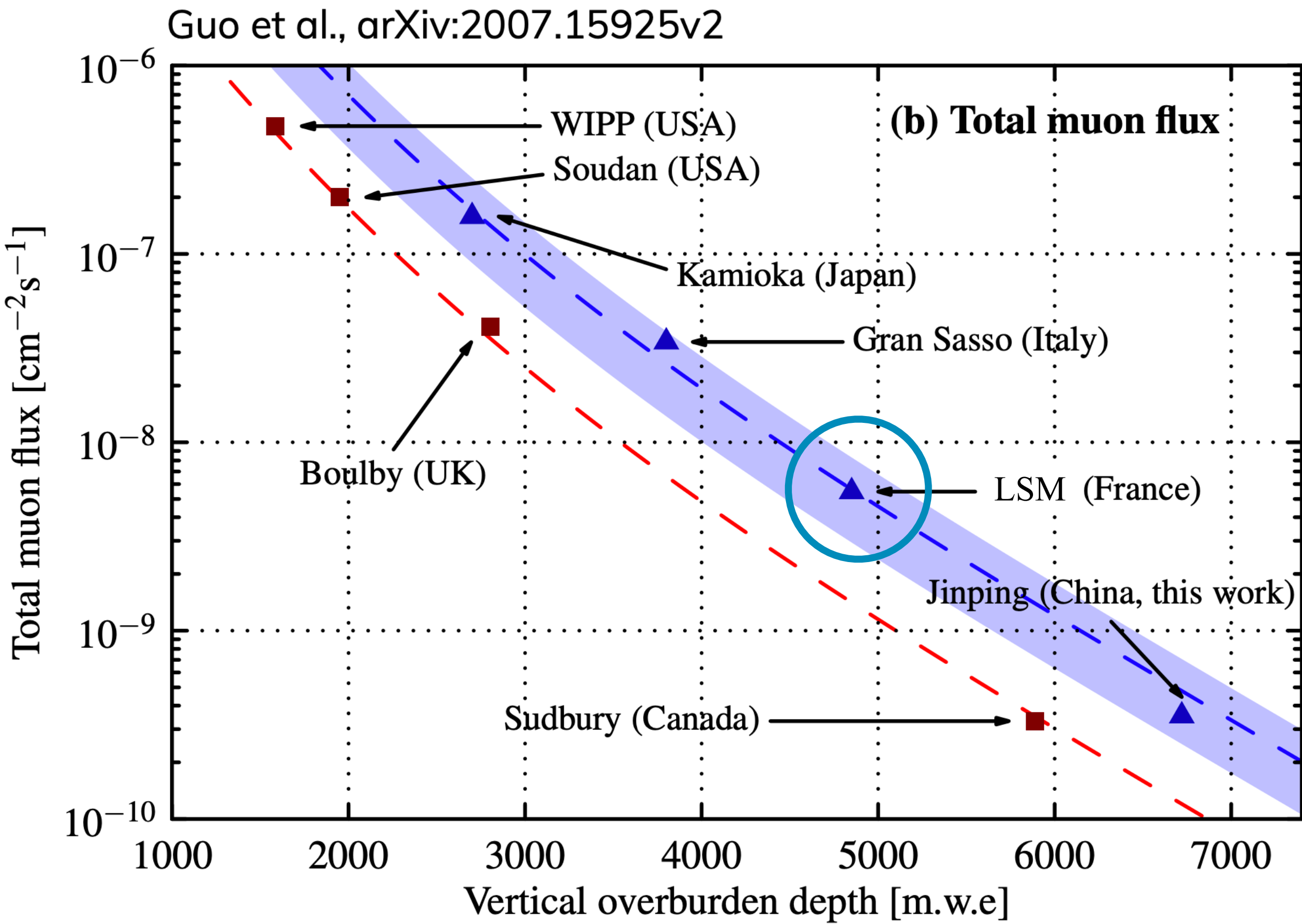
QUEL BRUIT DE FOND?

Rayons cosmiques
Activation cosmogénique
de matériaux de détection/blindage

Radioactivité naturelle (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K):
 γ , e^- , n , α , β

Programme de sélection et d'analyse des matériaux
Techniques de nettoyage avancées
Sélection des matériaux à basse radioactivité

POURQUOI LE LSM?



DÉSINTÉGRATION $\beta\beta 0\nu$

Processus rare (periode $> 10^{26}$ ans), pas encore observé, possible uniquement si le neutrino est sa propre anti-particule (Majorana).

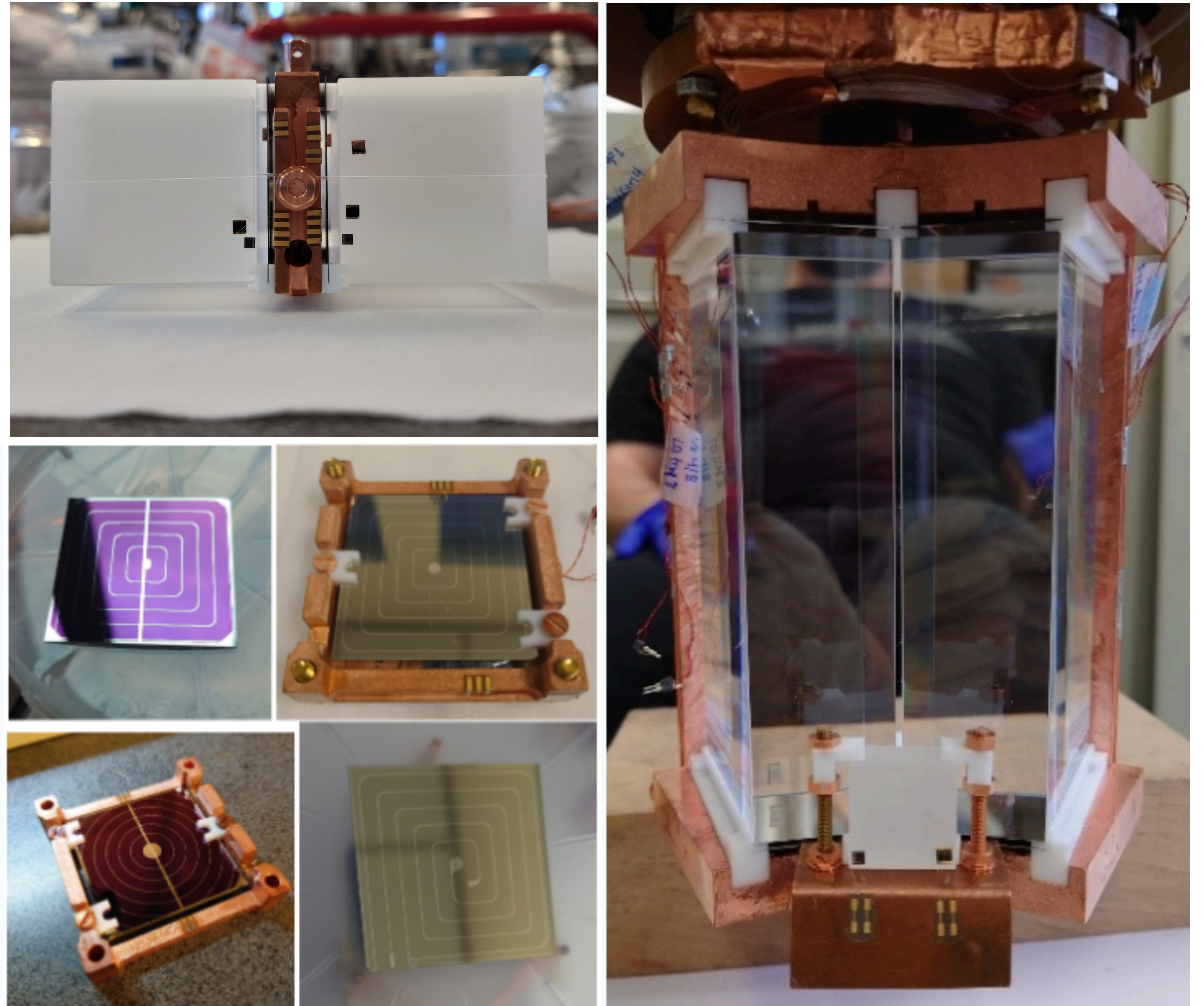
Très sensibles à la masse absolue des neutrinos : mesure complémentaire des mesures directes et des contraintes cosmologiques

DÉMONSTRATEUR BINGO - TECHNOLOGIE

Programme R&D pour l'atténuation du fond radioactif pour la future phase d'expérience sur la désintégration double beta sans neutrinos

Réduction du fond radioactif de surface et externe avec:

- **Assemblage** plus compact avec moins de matériaux
- Rejet des évènements en coïncidence avec un **véto** en BGO ou ZnWO₄
- **Détecteur de lumière** avec une amplification du signal par rapport au bruit grâce à la technique Luke-Neganov



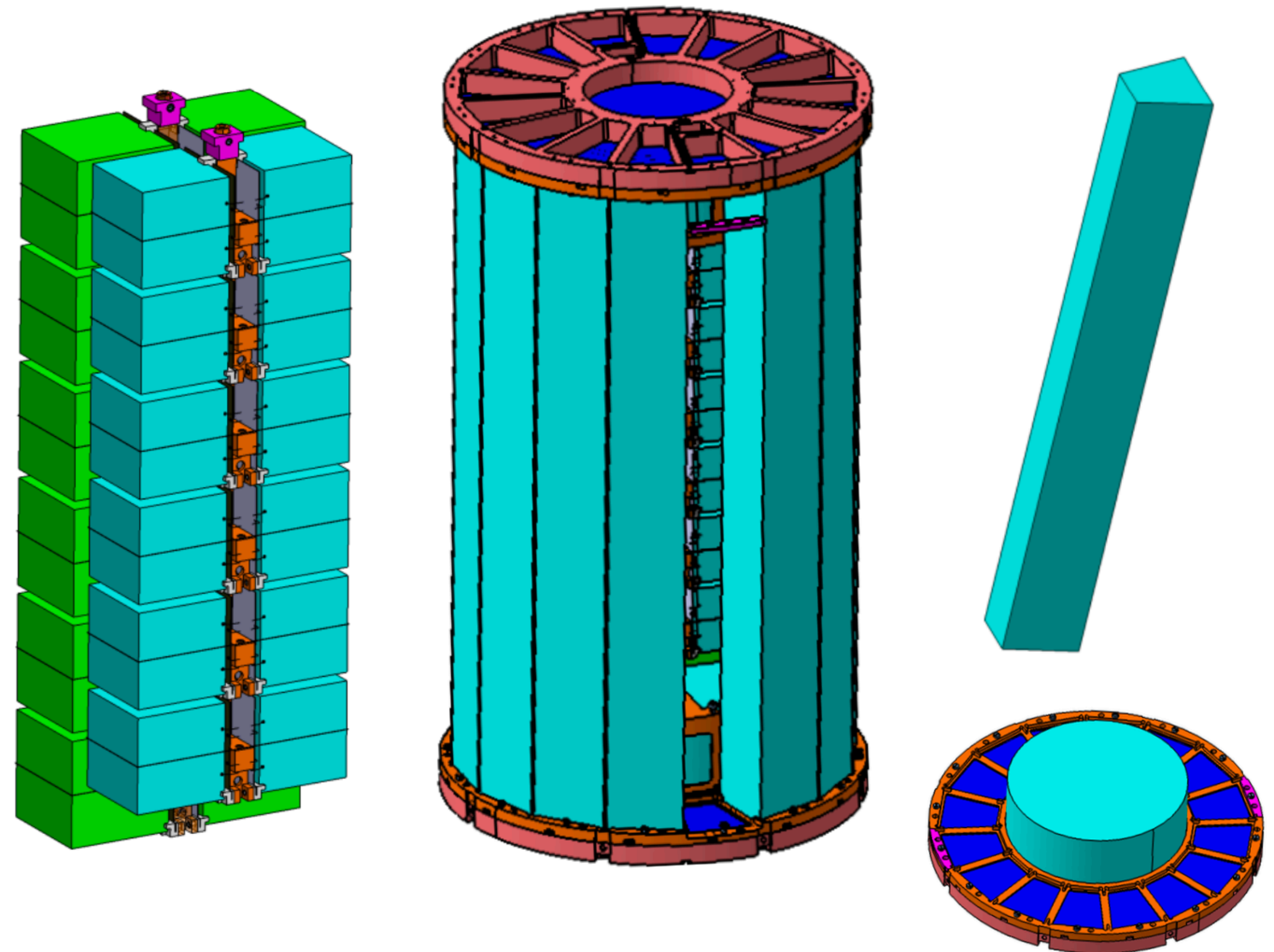
DÉMONSTRATEUR BINGO - INGREDIENTS

Détecteurs

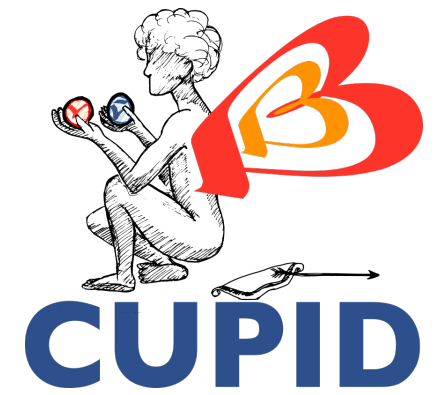
- 12 cristaux scintillants cubiques Li_2MoO_4 (45×45×45 mm), chacun couplé à un détecteur de lumière (45×45 mm)
- 12 cristaux cubiques de TeO_2 (50×50×50 mm), chacun couplé à un détecteur de lumière (50×50 mm)

Veto cryogénique

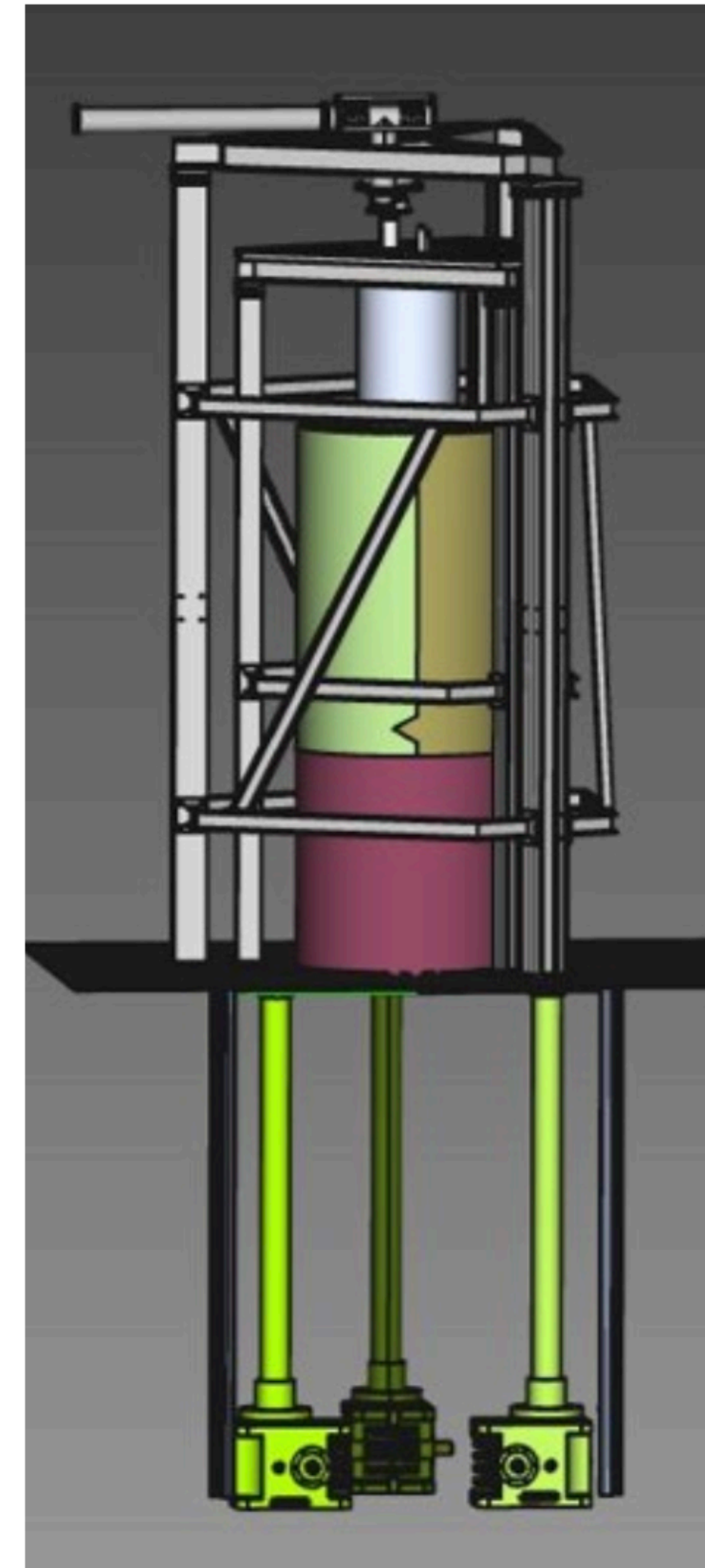
- 16 sections trapézoïdales + 2 disques scintillateurs (BGO ou ZnWO_4) couplés chacun à des détecteurs de lumière cubiques



DÉMONSTRATEUR BINGO



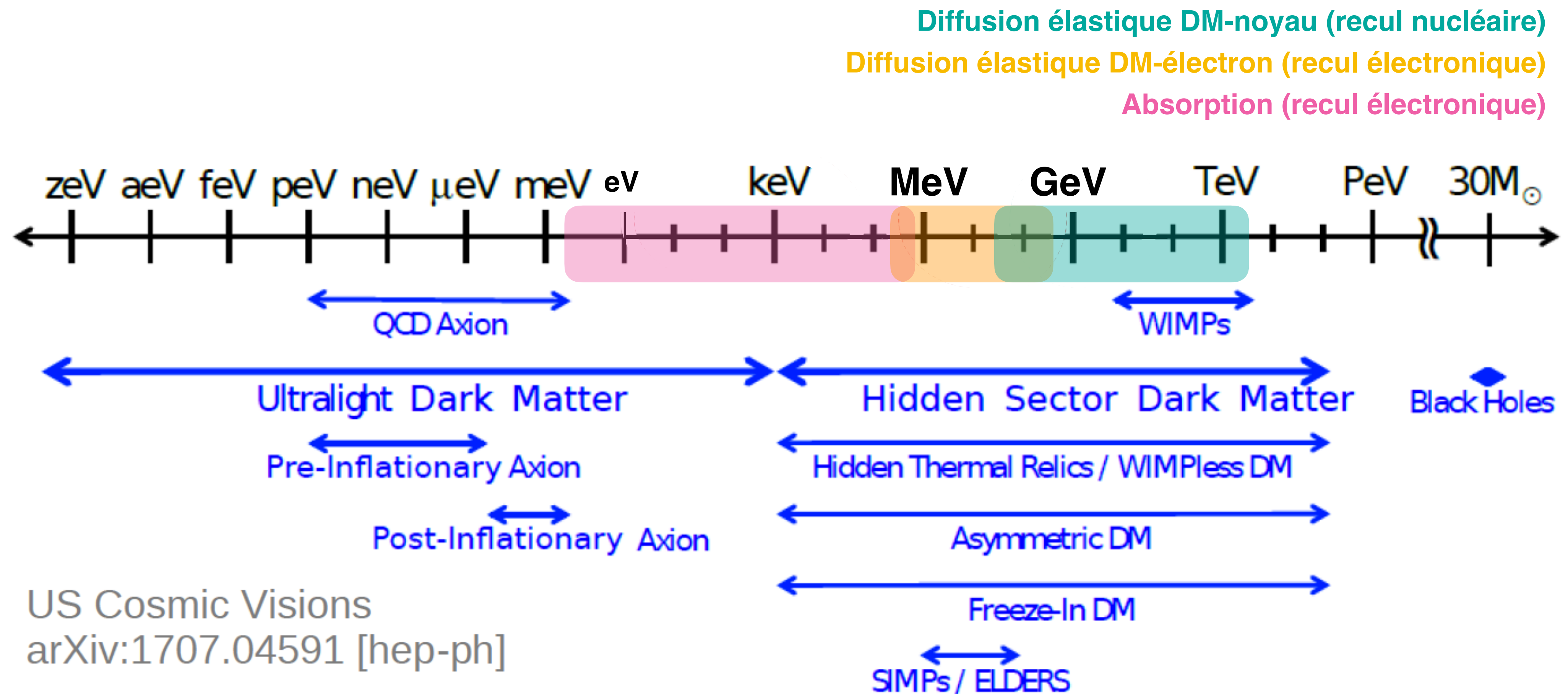
- Début 2024 : installation et mise en service du cryostat
- 2024-2025 : prise de données et validation de technologies innovantes
- Nouvelles technologies qui permettent d'atteindre $<10^{-5}$ événements/(keV kg an)
- Les technologies proposées par BINGO sont des candidates possibles pour la prochaine génération de détecteur
- Le très faible flux cosmique au LSM en fait un site intéressant pour les futures expériences



(LIGHT) DARK MATTER



CANDIDATS DE LA MATIÈRE NOIRE

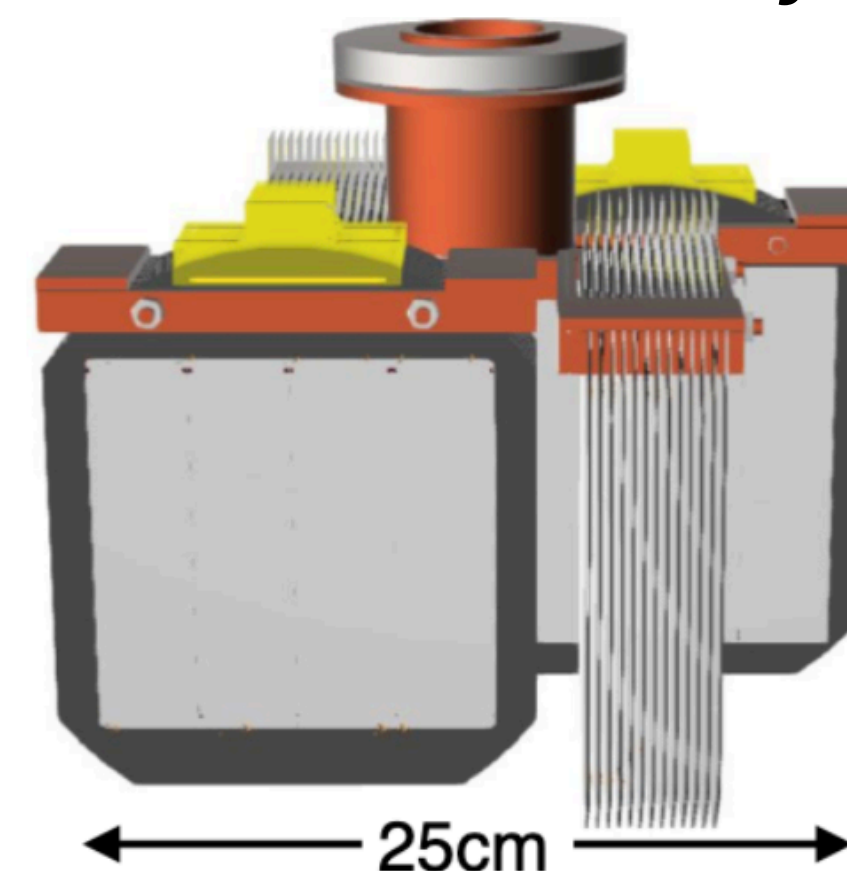


US Cosmic Visions
 arXiv:1707.04591 [hep-ph]

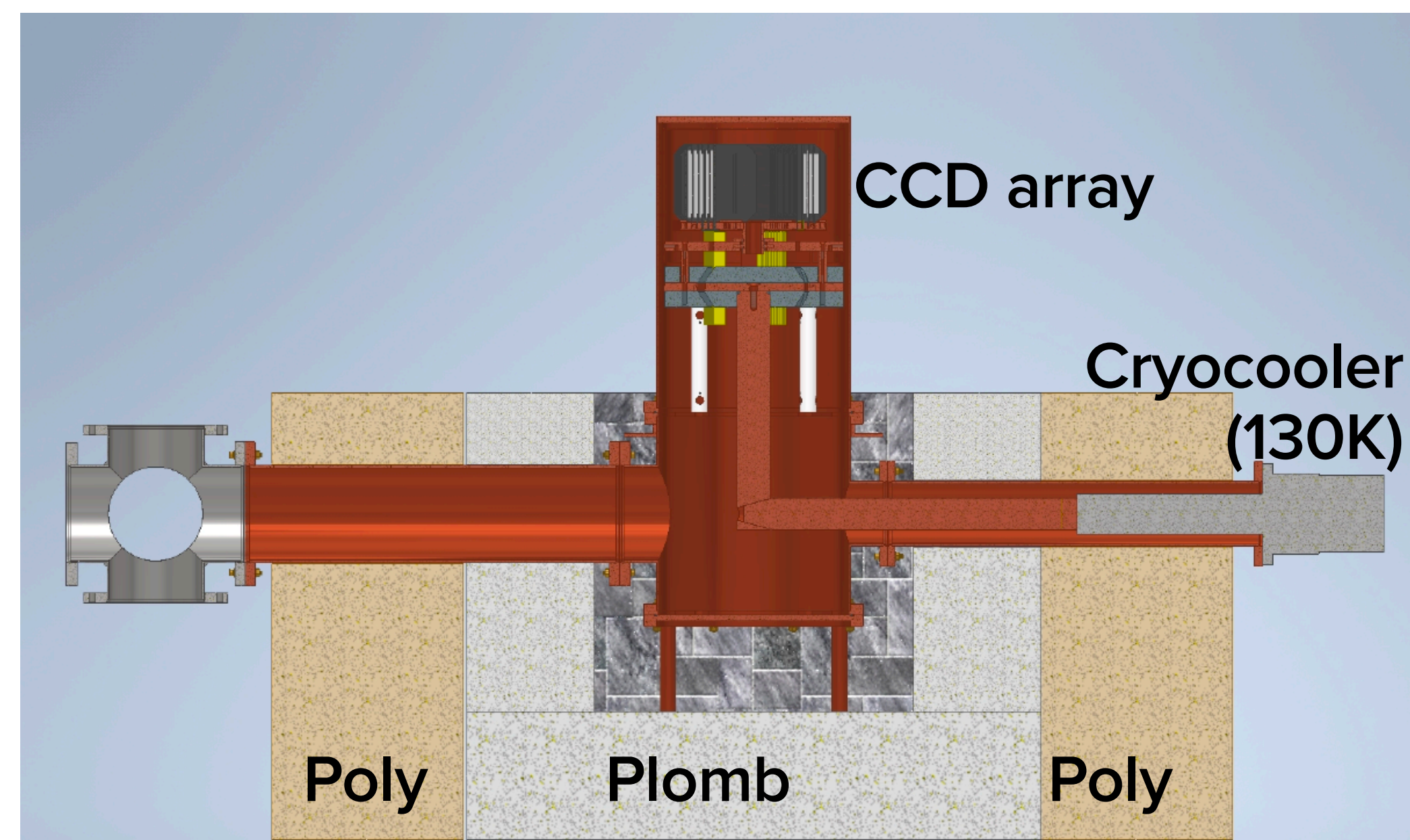
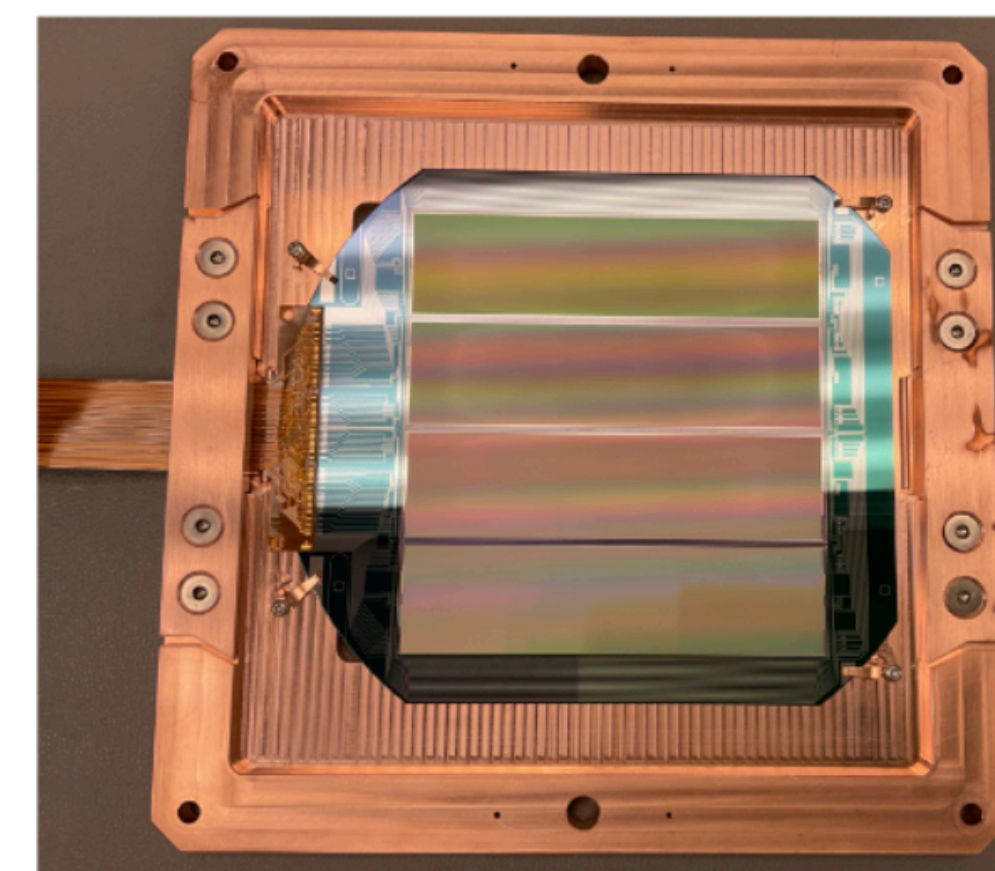
DAMIC-M

- 52 détecteurs CCDs (~1 kg silicium) lus en mode 'skipper': relecture multiple pour atteindre une résolution de moins de 0.1 paire électron-trou.
- Résultats préliminaires déjà obtenus en 2023 au LSM avec deux CCDs dans le dispositif LBC (**record mondial de sensibilité**)
- DAMIC-M avance progressivement vers son objectif d'installation, et mise en service fin 2024. Fabrication CCD presque terminée (85%) et démarrage de la production de l'autre composants du détecteur
- Futur : LBC et DAMIC-M pour programme R&D pour OSCURA (10-kg skipper-CCD)

CCD Module Array

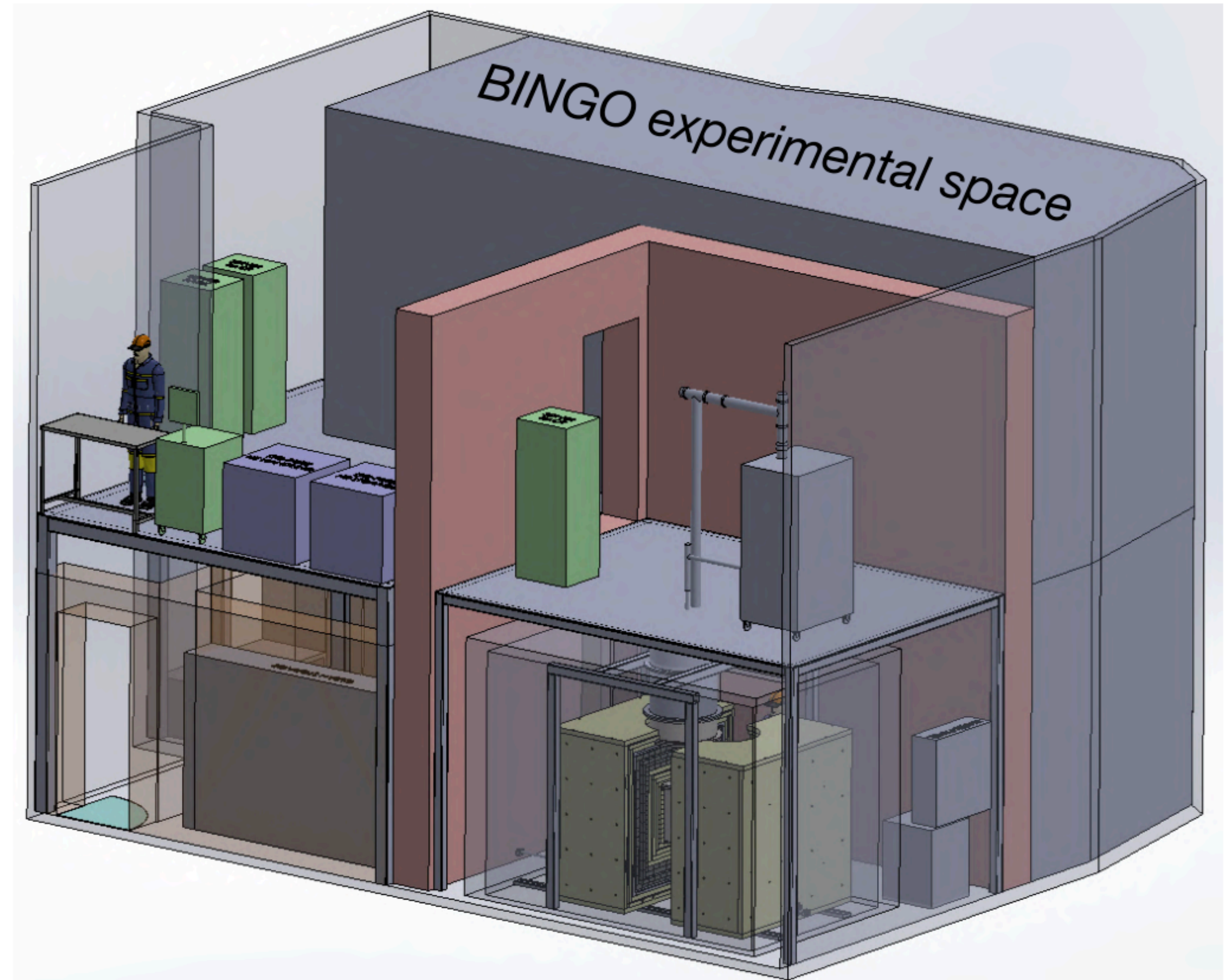


CCD Module



FUTURE EXPÉRIENCE MATIÈRE NOIRE AVEC DÉTECTEURS CRYOGÉNIQUE

- Depuis 2022, les partenaires français RICOCHET et EDELWEISS (les laboratoires IN2P3 IP2I, LPSC et IJCLab) discutent avec la collaboration américaine TESSERACT afin d'installer un cryostat dédié au Laboratoire souterrain de Modane
- Proposition française d'inclure la technologie de détecteurs cryogénique germanium dans le programme scientifique initial de TESSERACT

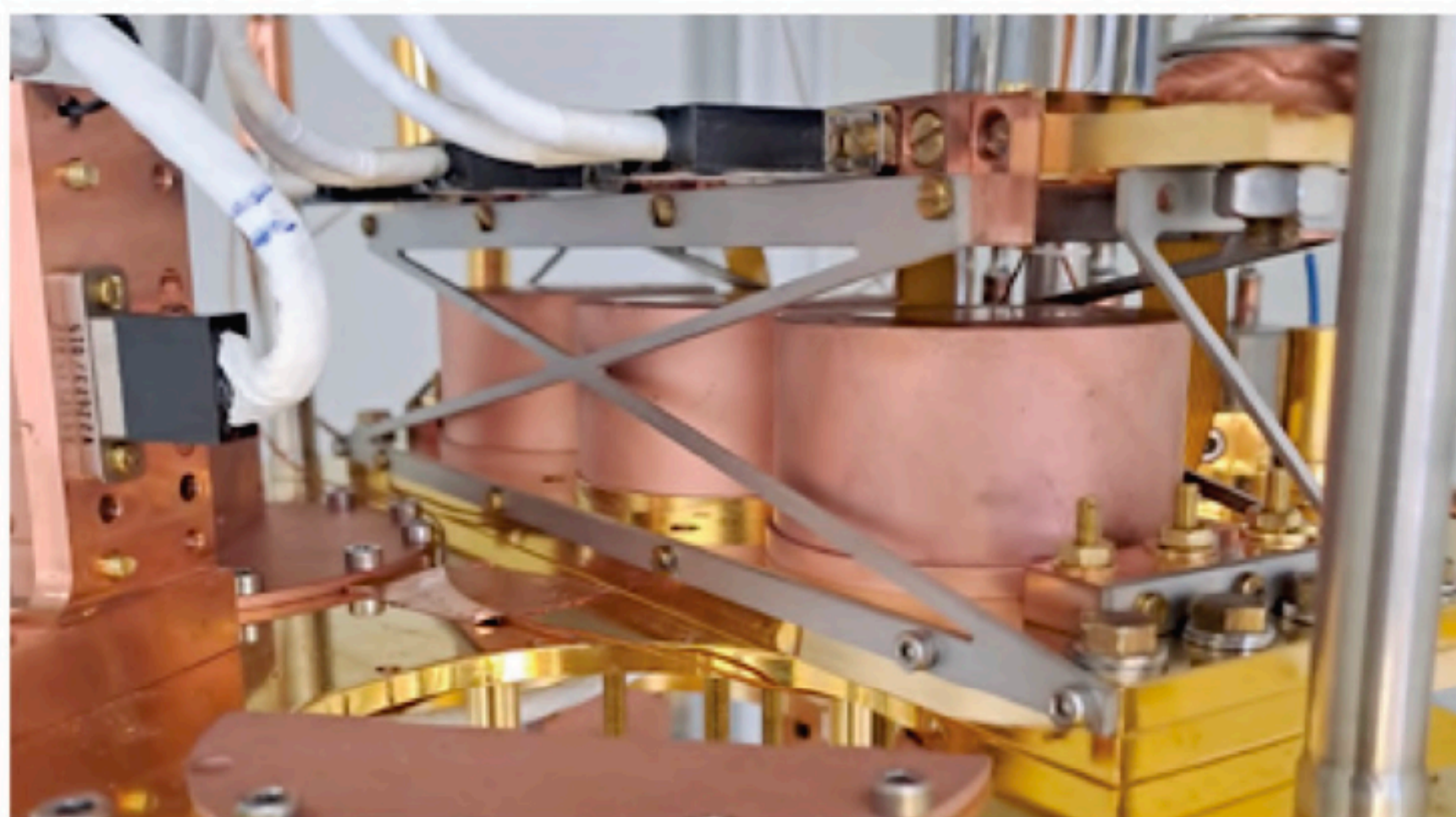


DÉTECTEURS TESSERACT-FRANCE



Crystaux germanium 40 g refroidis à O(10) mK

Basse Tension



1K HEMT

15mK

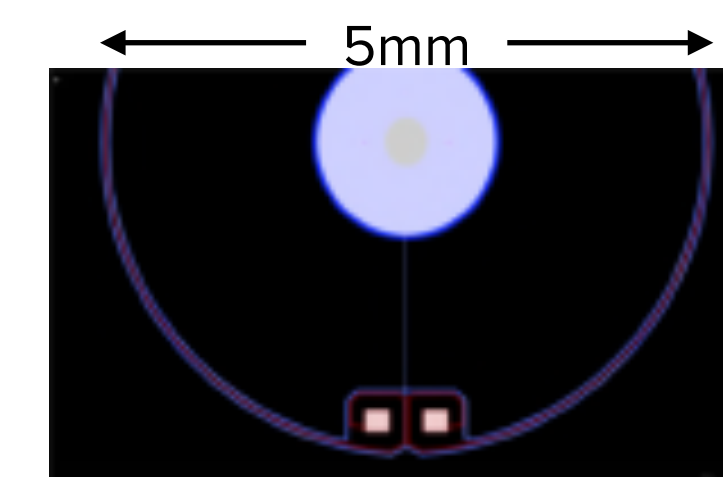
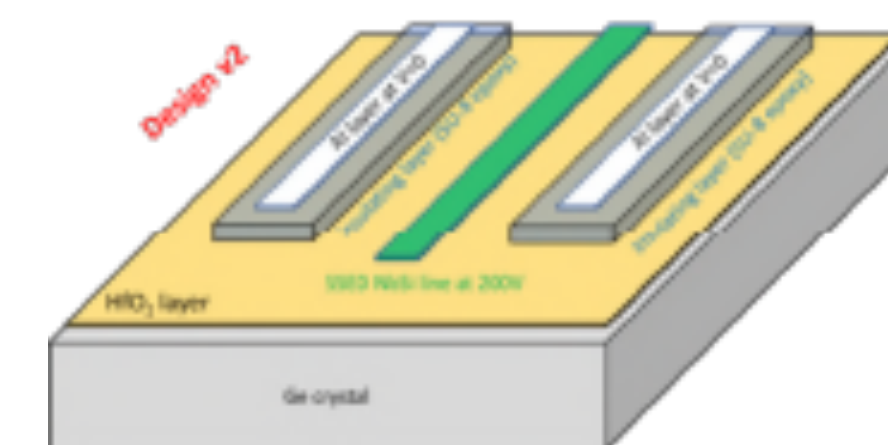
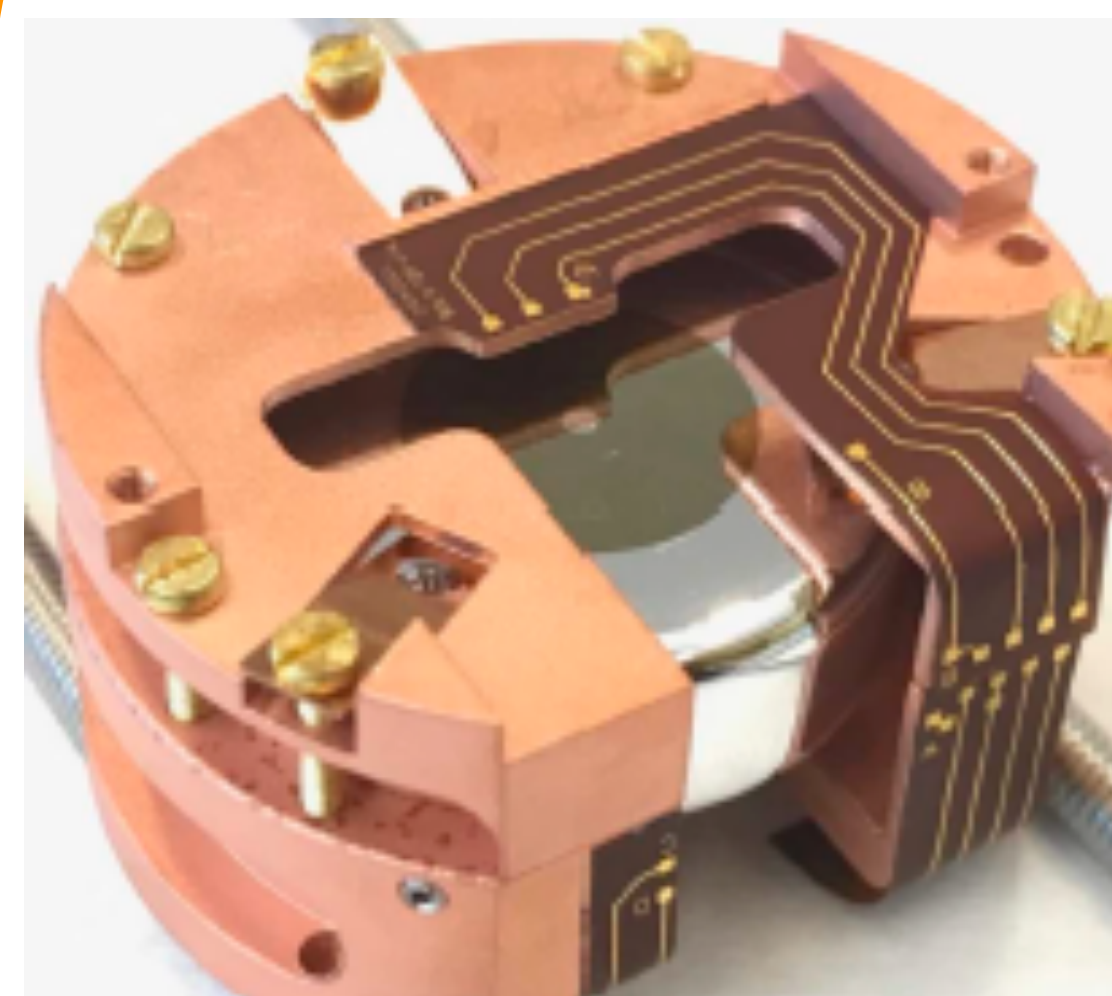
Ge

Bonne identification du recul :
noyau ou électron

Technologie HEMT pour ionisation

Technologie NTD pour chaleur

Haute Tension

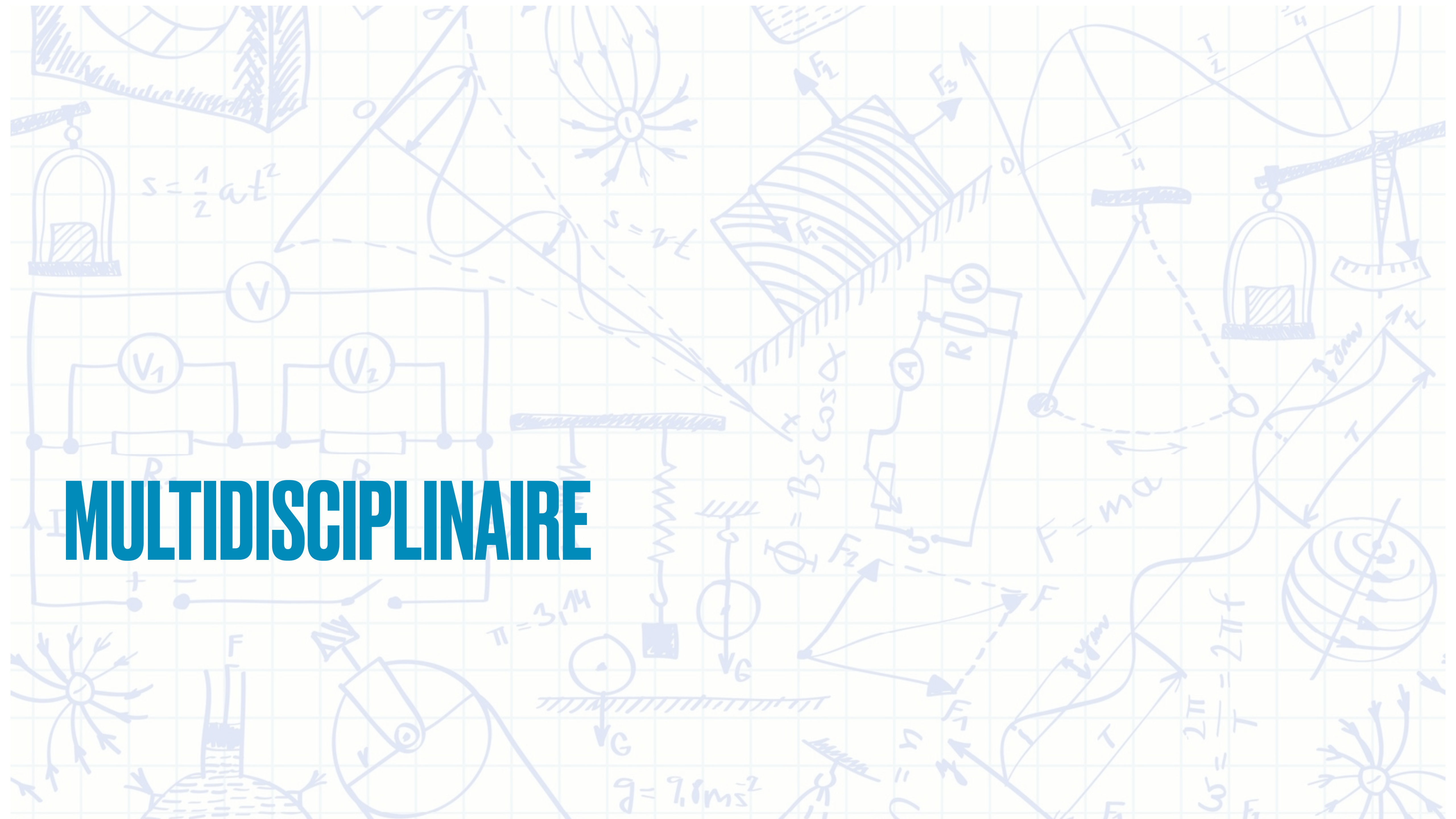


Senseur NTD

Senseur NTL: une micropiste de NbSi (10 μm de large)

- NbSi utilisé à la fois comme électrode ponctuelle (champ électrique concentré de type PPC) et comme détecteur supraconducteur à électron unique

MULTIDISCIPLINAIRE



ATELIER @LSM

But: Promouvoir et valoriser les activités interdisciplinaires au Laboratoire Souterrain de Modane

Représentants des laboratoires étrangers Boulby^r, LNGS^r, LSBB, LSC^r, SNOLAB et SURF.

Comité Atelier Multidisciplinaire

➔ Rédaction de recommandations centrés sur un plan stratégique pour le développement de l'interdisciplinarité au LSM.

	Introduction	<i>Silvia Scorza</i>	09:30 - 09:45				
	LSM	<i>Jules Gascon</i>	09:45 - 10:00				
10:00	SURF	<i>Jaret Heise</i>	10:00 - 10:20				
	SNOLAB	<i>Sekula Steve</i>	10:20 - 10:40				
	Boulby	<i>Sean Paling</i>	10:40 - 11:00				
11:00	Coffee Break		11:00 - 11:15				
	LSBB	<i>Ignacio Lazaro</i>	11:15 - 11:35				
	LSC	<i>Carlos Pena Garay</i>	11:35 - 11:55				
12:00	LNGS	<i>Gaetano De Luca et al.</i>	11:55 - 12:15				
				14:00	Bio at LSM	<i>Vincent Breton</i>	13:45 - 14:02
					Medicine al LSM	<i>Fabrice Piquemal</i>	14:02 - 14:19
					GDR MI2B - LabEx PRIMES	<i>Denis Dauvergne</i>	14:19 - 14:36
					EDYTEM, INSU and INEE	<i>Fabien Arnaud</i>	14:36 - 14:53
				15:00	Radon &Co.	<i>José Busto</i>	14:53 - 15:10
					Gamma Spectroscopy	<i>Guillaume Warot</i>	15:10 - 15:27
					Qbits @underground	<i>Silvia Scorza</i>	15:27 - 15:44
					Coffee Break		15:45 - 16:00
				16:00	Discussion	<i>Jules Gascon</i>	16:00 - 18:00
				17:00			
				18:00			

ORDINATEURS QUANTIQUES

- On suspect la radioactivité comme une limite importante pour les futurs ordinateurs quantiques (perte de cohérence)
- Défi commun aux détecteurs cryogeniques pour la recherche des événements rares, mieux équipés pour étudier le phénomène
- Le très faible flux cosmique au LSM en fait un site intéressant pour cette excellent synergie multidisciplinaire

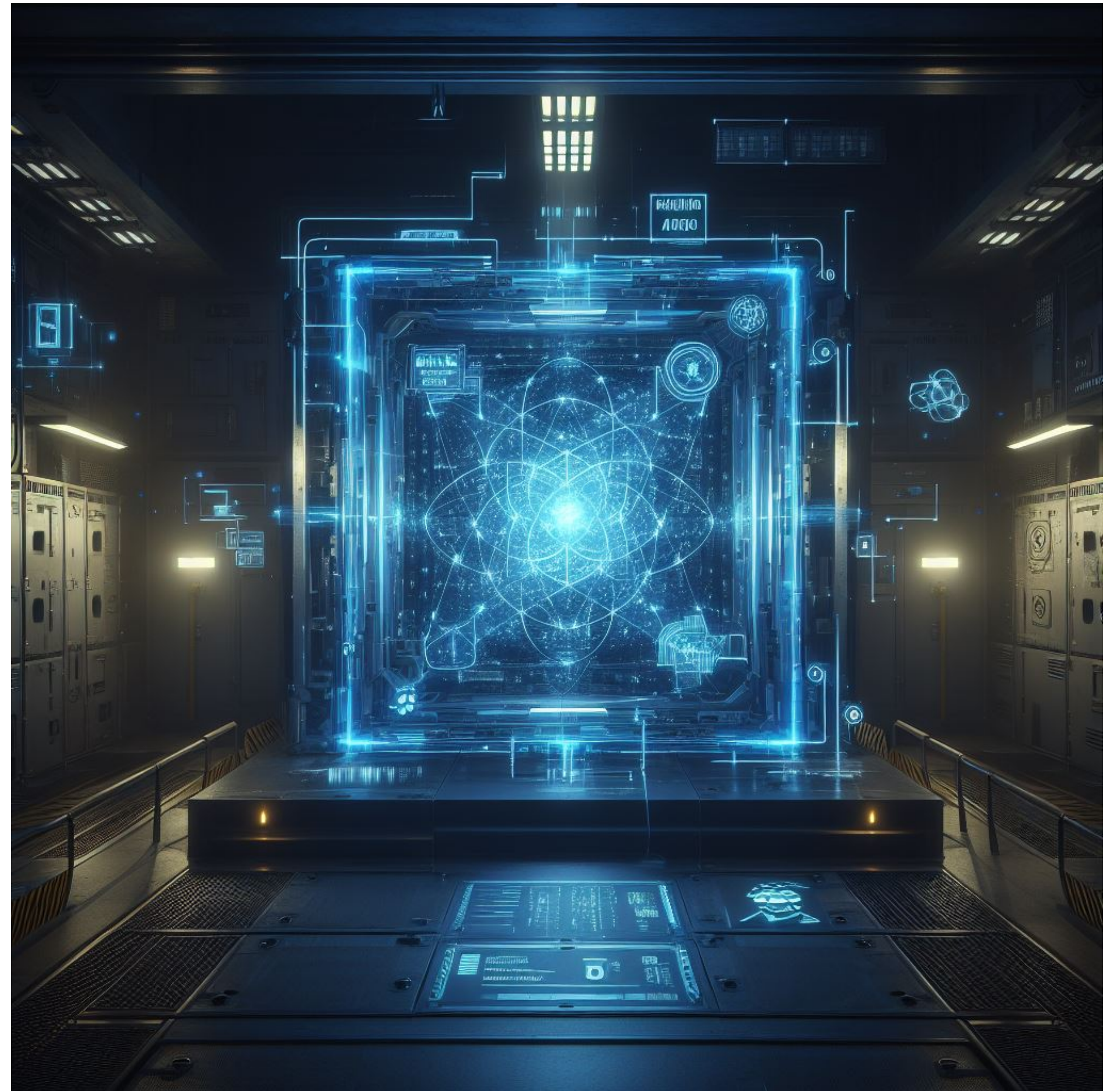


Image créée via AI “quantum computing in underground laboratories”

COORDINATION DES LABORATOIRES

- Renforcement de la collaboration entre laboratoires souterrains pour améliorer le soutien à la communauté scientifique
 - Visite de deux directeurs de SNOLAB au LSM (septembre 2023)
 - Conseil Stratégique composé d'experts de laboratoires souterrains étrangers
- Réunion à Vienne en septembre 2023 des directeurs des laboratoires souterrains profonds dans le cadre de la conférence internationale TAUP, avec la création de groupes de travail communs
 - Partage de bonnes pratiques
 - Développement en matière opérationnelle, Hygiène et Sécurité, gestion des expériences, ..
 - Comptage/analyse à faible bruit de fond (série d'ateliers "Low Radioactivity Techniques"), bases de données partagées
 - Partage des charges de travail pour mesures à faible bruit de fond
- Coordination de la réponse des laboratoires souterrains aux appels d'offre européens (COST, HORIZON, ...)



PLATEFORME NATIONALE LSM

UN AVENIR RADIEUX...