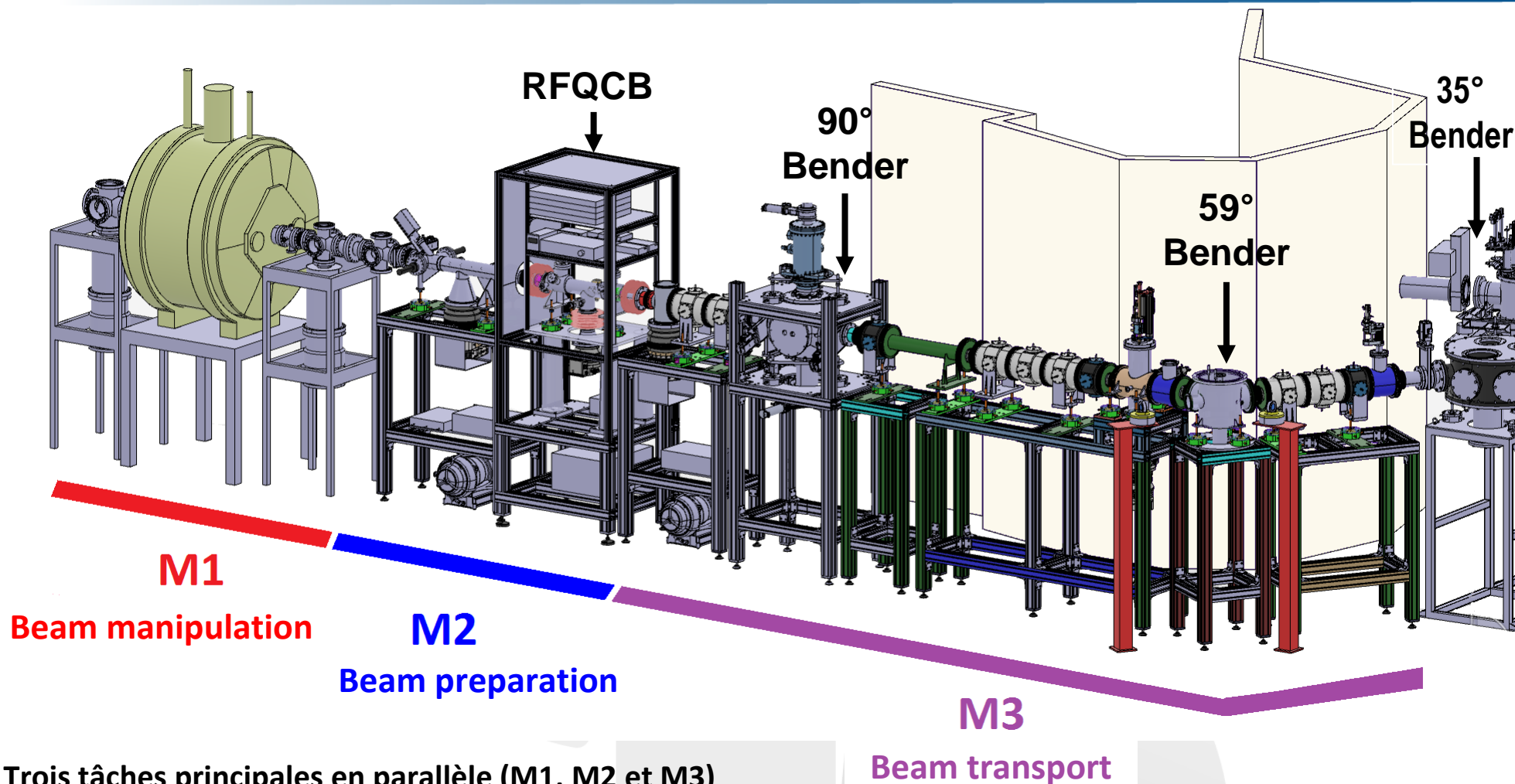


- ❑ Mesures de masses de haute précision pour l'étude de la structure nucléaire.
- ❑ Deux pôles impliqués : Pôle Physique des accélérateurs et Physique nucléaire
- ❑ 2016 – 2026 : Mise en service dans ALTO, perfectionnement de MLLTRAP (R&D), campagne de mesures de masses.
- ❑ >2026 : Installation dans DESIR, nouvelles campagnes de mesures de masses.

Responsable projet : Enrique Minaya Ramirez
Laboratoire de Physique des 2 infinis Irène Joliot-Curie



MLLTRAP: structure locale (IJCLab Orsay)



→ Trois tâches principales en parallèle (M1, M2 et M3)



PROJECT MLLTRAP : Équipes concernées (2025/2026)

Pôle Physique des
accélérateurs
Equipe BIMP

E. Minaya Ramirez /Responsable projet (M1, M1i,M2,M3)

A. Leite (M1, M2, M3)

E. Morin (M1, M2, M3) – **postdoc 2 ans**

Pôle Physique nucléaire
Equipe SDF et FIIRST

A.Lopez-Martens / coordination in-trap (M1i) / équipe SDF,

K. Hauschild / équipe SDF (M1i)

V. Manea / équipe FIIRST (M1, M2)

Services techniques :
Mécanique
Cryogénie

H. Ramarijaona / Bureau d'étude (M1, M1i,M2,M3)

B. Geoffroy / montage (M1, M2)

R. Thoer, M. Pierens / liquéfacteur Hélium / service cryogénie (M1)

Plateforme ALTO
Service lignes

A. Said, S. Semsoum, E. Borg, A. Bouafia, F. Debray, F. Fahy,

S. Jourdain, F. Lemaitre / installation (M2, M3) / Contrôle et commande (M3) / fluides (M1, M2, M3)

Industriel

C. Germain et R. Boucher, sonde (M1)





Cadre de l'accord de collaboration entre l'IJCLAB et le projet SPIRAL2-DESIR au titre de « l'adaptation des dispositifs expérimentaux en vue de leur exploitation auprès de DESIR »



FRENCH-GERMAN COLLABORATION AGREEMENT IN2P3 - CEA/DRF and GSI

“Nuclear structure studies with Penning traps” (collaboration n° 19-81)



Programme scientifique : étude de l'évolution de la structure nucléaire à partir des mesures de masses de grande précision. Dans la zone des superlourds (GSI) et pour des noyaux riches en neutrons (ALTO). Cette collaboration permet également des échanges sur des développements techniques pour l'amélioration de la sensibilité, de l'efficacité et du pouvoir de résolution des spectromètres de masse à base de pièges de Penning.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Jours attribués coté Français	5	20	15	20	20	20	15	---	---



PUBLICATIONS

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Nombre de publications	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0		
Nombre de communications	2	1	1	1	0	3	4	4	3	2		
Nombre de thèses soutenues	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		

Publications

- P. Chauveau et al. «Simulations of the novel double-Penning trap for MLLTRAP: Trapping, cooling and mass measurements », Nucl. Instr. Meth. A 982 (2020) 164508
- E. Minaya Ramirez et al., « New program for measuring masses of silver isotopes near the N=82 shell closure with MLLTRAP at ALTO », Nucl. Instr. Meth. B 463 (2020) 315
- P. Chauveau et al. « Application of in-trap α spectroscopy to lifetime measurements with MLLTRAP », Nucl. Instr. Meth. B 463 (2020) 371

Communications sur MLLTRAP

- 2025 : Workshop DETRAP / Mini-symposium on Precision Measurements at Low Energies
- 2024 : EURORIB2024 / Workshop DESIR/ Workshop ISOL-France
- 2023 : ARIS-2023 / IPAC-2023 / SFP JA / Workshop ISOL-France
- 2022 : ECCTI / TCP 2022 / Journées R&T IN2P3 / workshop ISOL-France
- 2021 : Euroschool / SFP JA / workshop Isol-France



Rapports de stages sur MLLTRAP

Prénom Nom	Université	Période	Niveau
Baris Telmen	Master Nuclear Energy / Université Paris Sud	24/04 – 27/06/2017	M1
Sukyung KIM	Magistère / Université Paris-Sud	05/06 – 13/07/2018	L3
Jessy DANIEL	Magistère / Université Paris-Sud	11/06 – 19/07/2019	L3
Elodie Morin	NPAC / Université Paris-Saclay	21/03 – 19/06/2019	M2
Sophie Morard	GI-PLATO / Paris-Saclay	28/03 – 31/08/2022	M2
Nathan Rousseaux	Licence de Physique / Université Caen Normandie	09/05 – 09/06/2023	L3
François Galtier	L3 Physique/ Université Paris-Saclay	02/05 – 28/06/2024	L3
Yash Yoshi	Erasmus Mundus Lascale Master “Large Scale Accelerators and Lasers” / Paris-Saclay	07/10/2024 – 10/01/2025	M1
Gabriel Gras	L3 Physique fondamentale cursus Magistère de Physique fondamentale de Paris-Saclay	10/06 – 18/07/2025	L3



Contexte (budgétaire)



Infrastructure installation dans ALTO :
70 k€ (utilisé en 2017)



MLLTRAP (M1) : 30 k€ (utilisé en 2019)
In-trap (M1i) : 60 k€ (utilisé en 2021/2022)



R&D Caylar (M1p) : 28 k€ (utilisé en 2020)
Section préparation (M2) : 306 k€ (utilisé en 2021)
Section transport (M3) : 246 k€ (utilisé en 2021/2022)

→ **Commande Pantechnik inachevée**

Postdoc IN2P3 : 1- [2017-2019] / 2 - [2025-2027]



NUCLÉAIRE
& PARTICULES

2018 DETRAP	2019 DETRAP	2020 DETRAP	2021 DETRAP	2022 DETRAP+ + TGIR	2023 DETRAP + TGIR + Equipex	2024 DETRAP + TGIR + Equipex	2025 DETRAP + TGIR + Equipex	2026 DETRAP	2027 DETRAP
0	8	12	25	5 33	14 20 15.9	4 48 0.25	3 43 0	---	---



Pompes turbos section M1 (dégât coupure de courant) : 32 k€ (mai 2021)
Infrastructure ALTO, escalier : 16 k€ (septembre 2022)
Chambre pour mesures d'émittance à l'entrée du RFQCB : 5.5 k€ (novembre 2022)



Thèse 2019 – 2022 → 100 % UPS



Physic case for MLLTRAP @ ALTO

Ag (Z=47) → masses (ground + isomers) > 125



Nuclear astrophysics

Inputs for r-process path evolution models

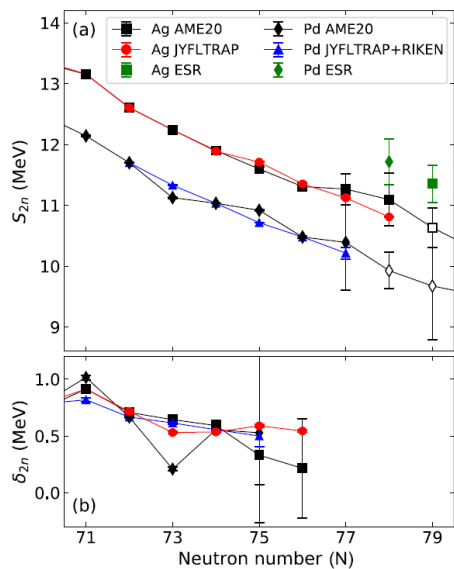
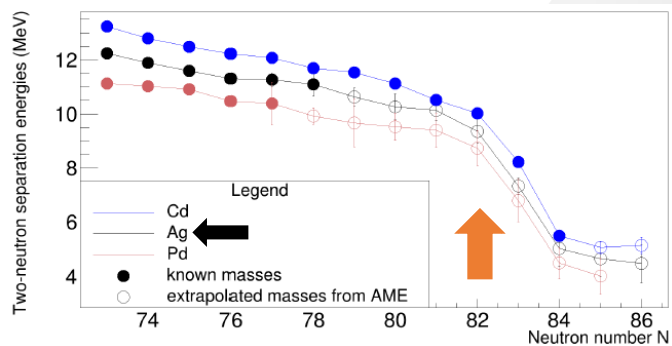
N = 82 could be linked to A = 130 abundance peak.

Nuclear structure

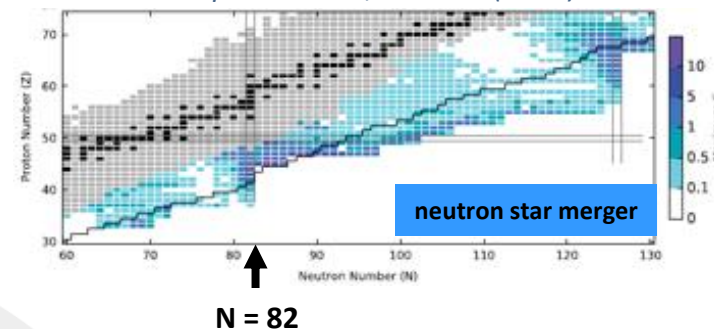
- Evolution of S_{2n}.
- Shell gaps evolution.

NUBASE++ (<https://amdc.impcas.ac.cn/>)

82



M.R. Mumpower et al., PPNP86 (2016) 86



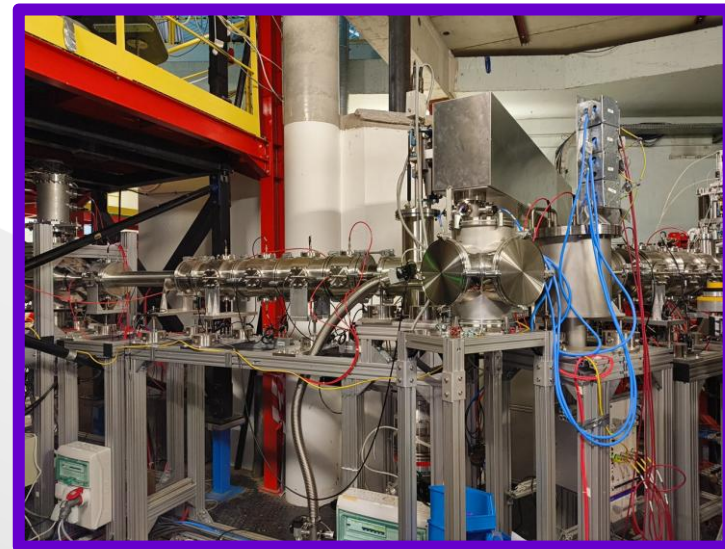
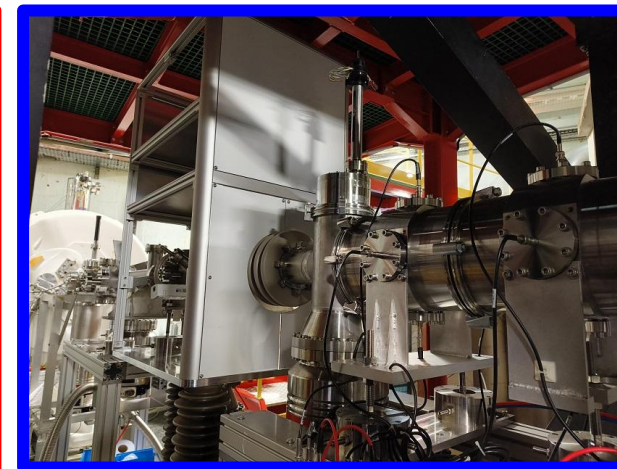
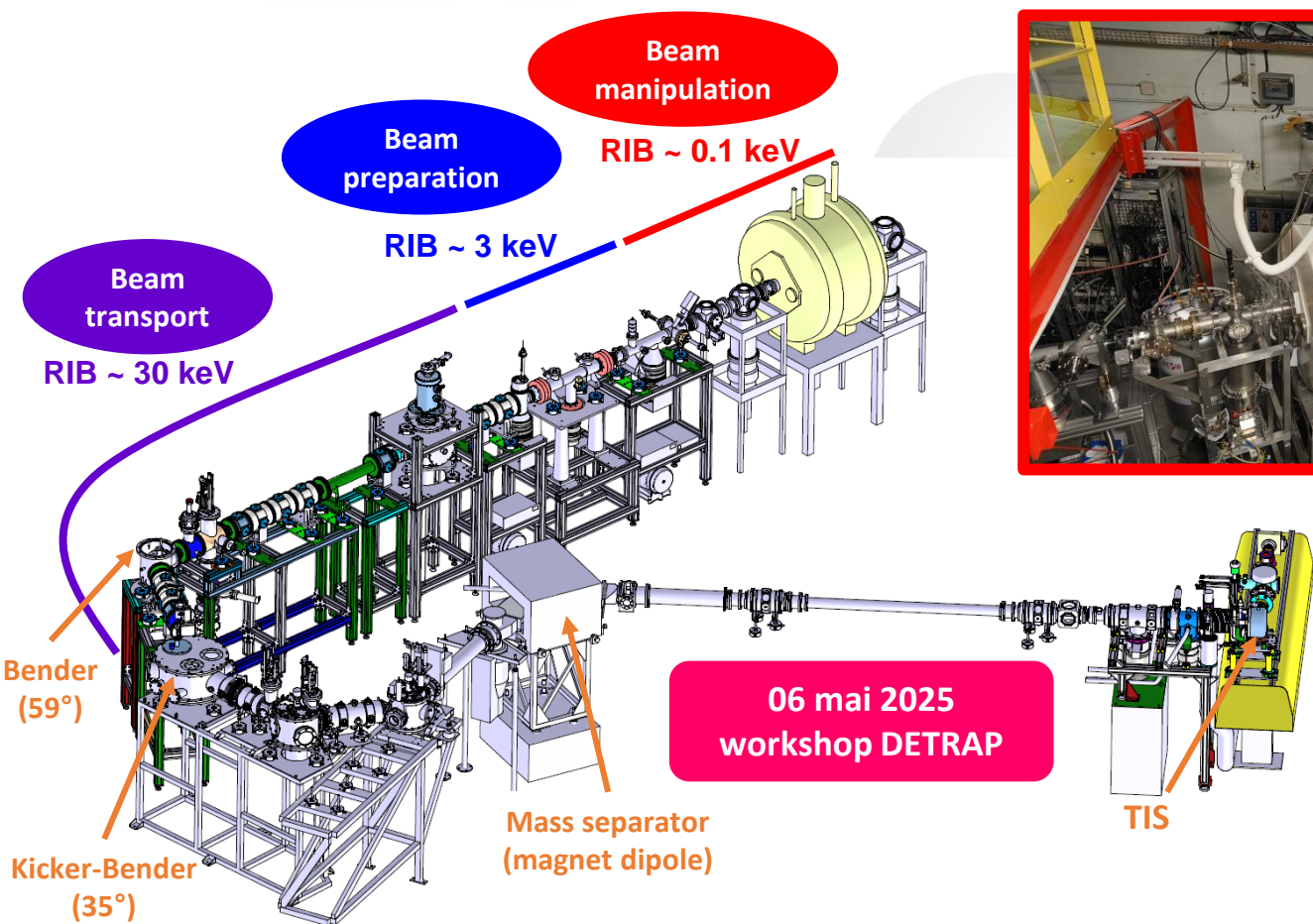
November 2023

→ first production of silver RIB at ALTO
A. Segovia Miranda et al., submitted

Other opportunities for mass measurements
at ALTO around N = 50



FAITS MARQUANTS 2025

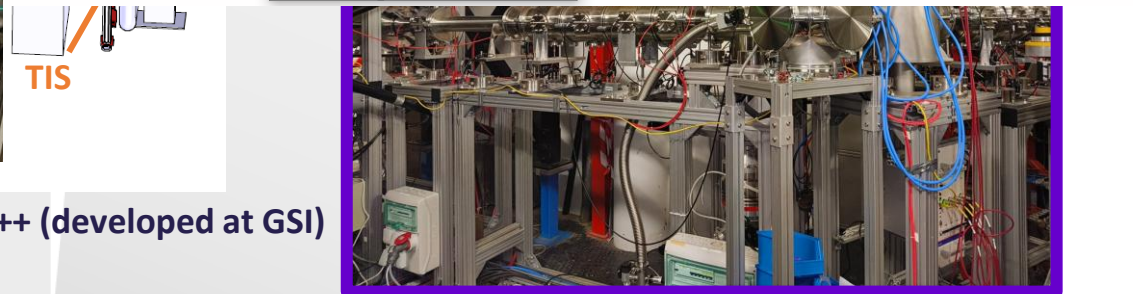
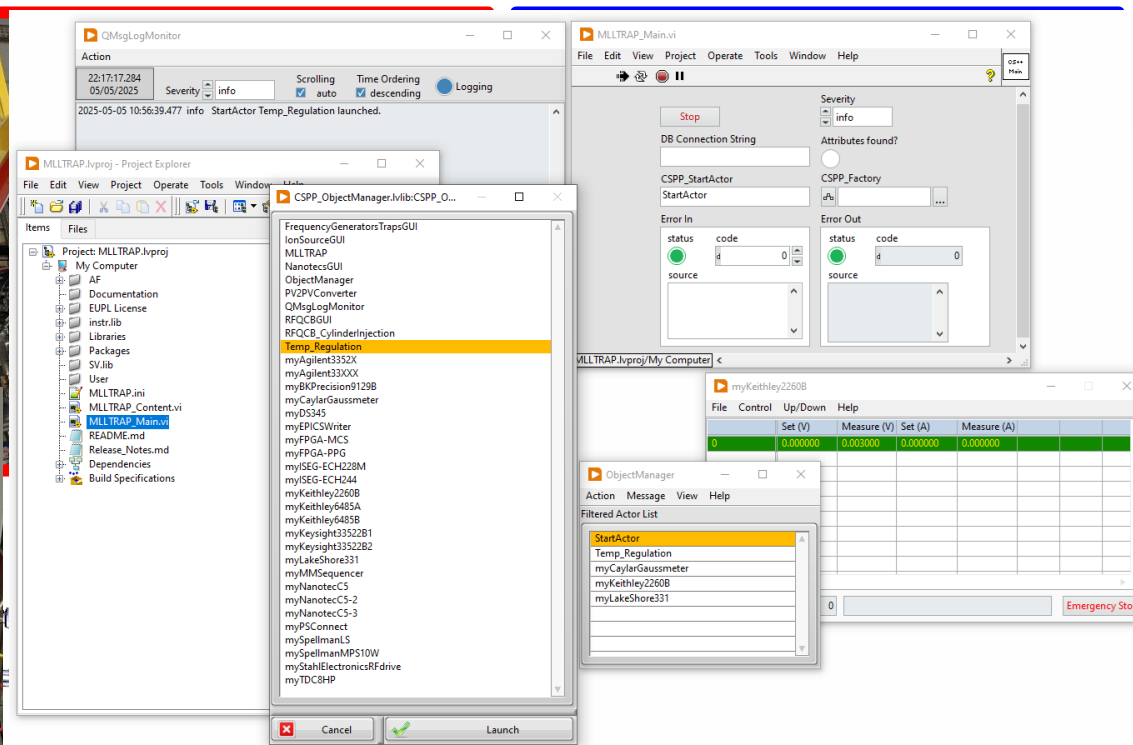
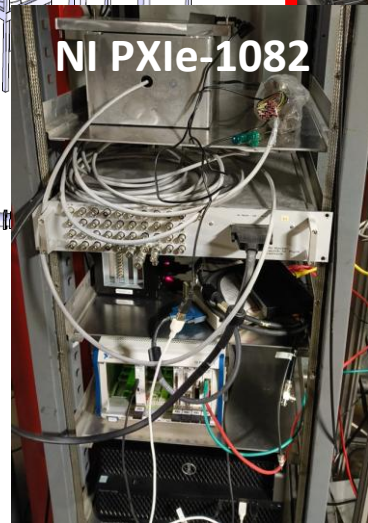
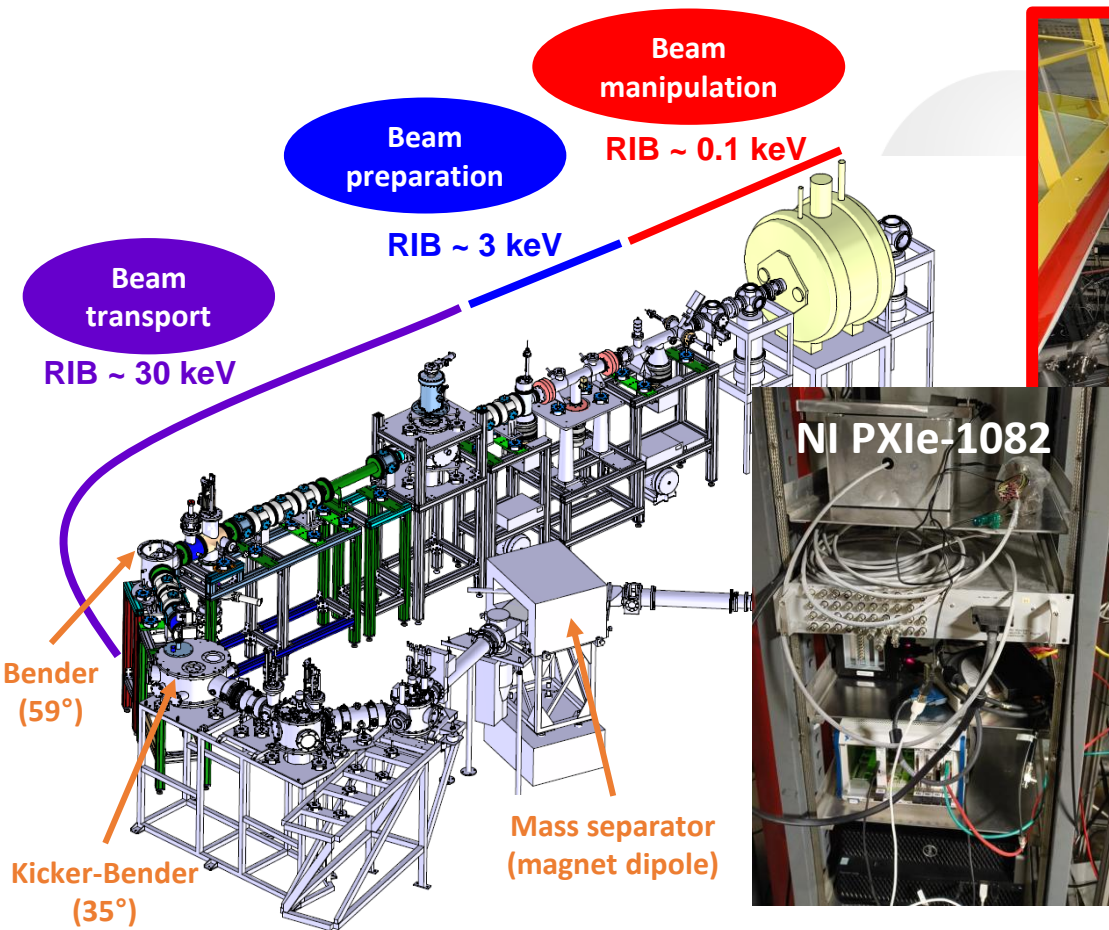


All sections connected to the ALTO beamline

→ Upgrade of electronics for beam manipulation section still in progress



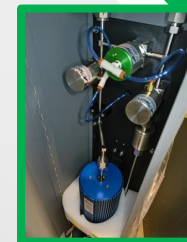
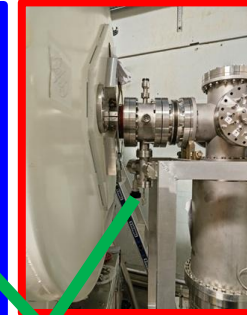
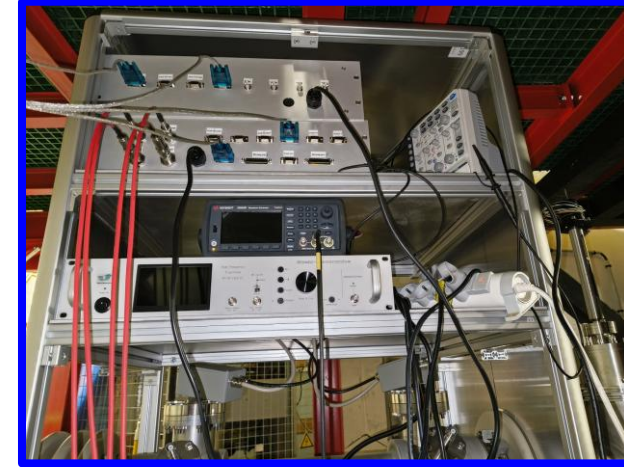
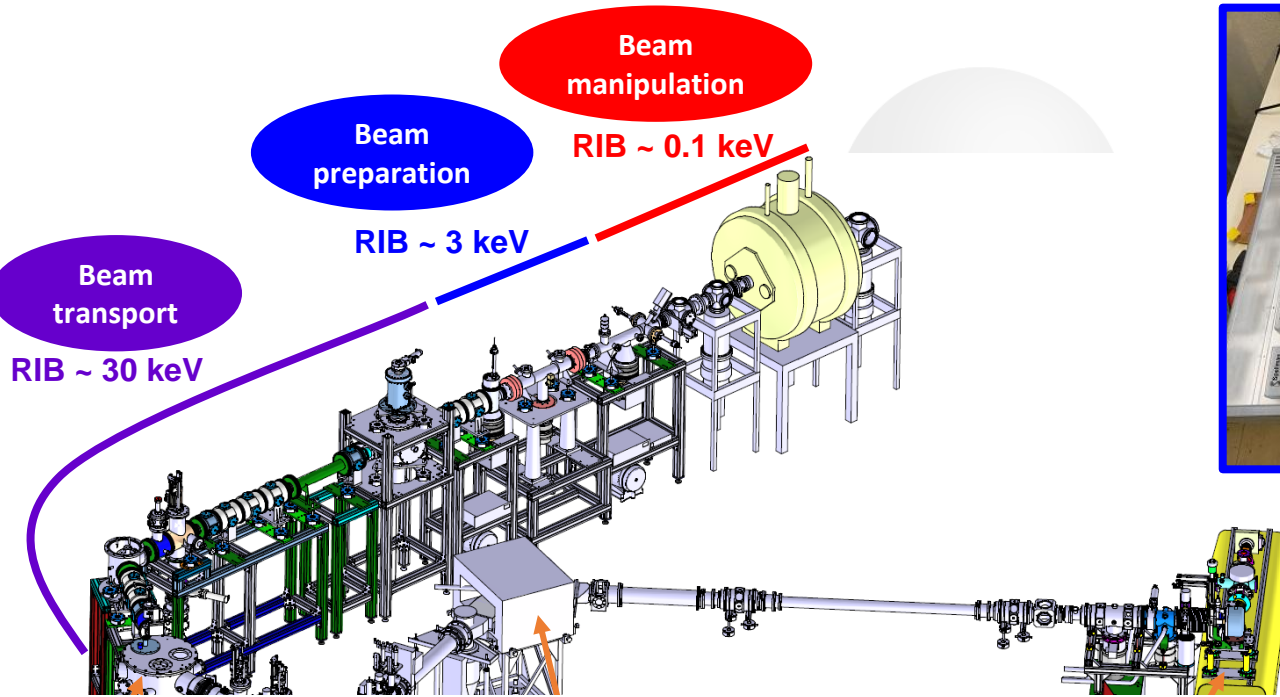
FAITS MARQUANTS 2025



All existing devices connected to the main control system CS++ (developed at GSI)
Recently tested with Windows 11 for the first time



FAITS MARQUANTS 2025



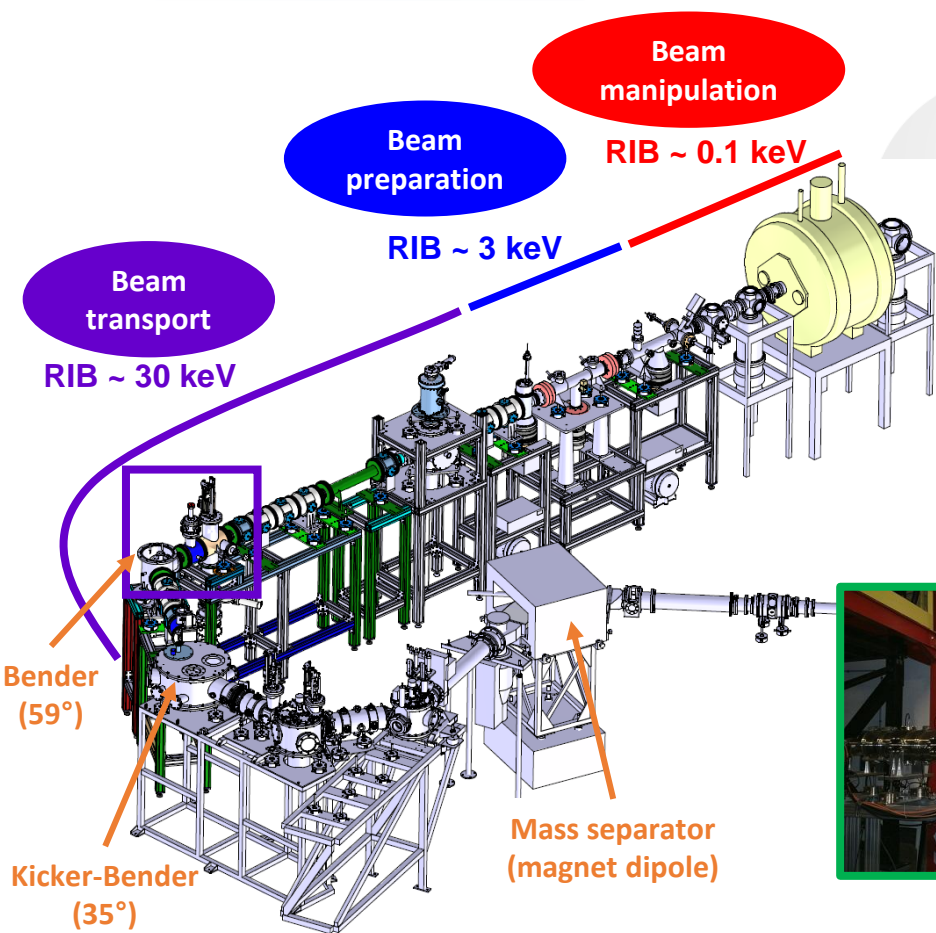
New electronic for RFQCB implemented

New diagnostic installed with remote linear drive

Helium gas purifier PS4-MT3/15 delivered in Q2 2025.
It will be installed at ALTO to be use with the RFQCB and the first Penning trap



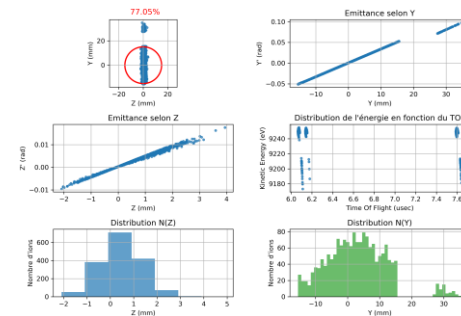
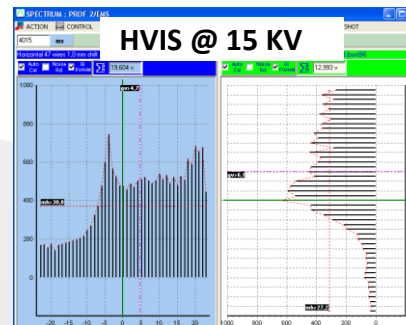
FAITS MARQUANTS 2025



Alkali source

Einzel lens

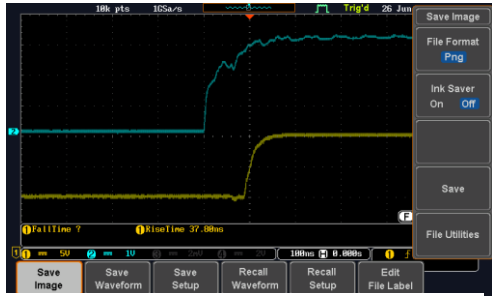
90° Bender



Stable beam from TISS went through HVIS bender. Emittance performed after Bender 59°. CF modified. New ISEG installed to transport a beam from HVIS with an energy up to 29 keV. HVIS tested at 15 kV. PANTECHNIK Profiler : delivered in December 2024 but not calibrated.

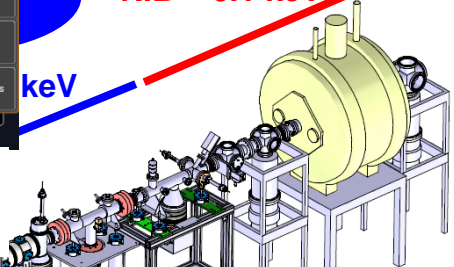


FAITS MARQUANTS 2025



Beam manipulation

RIB ~ 0.1 keV

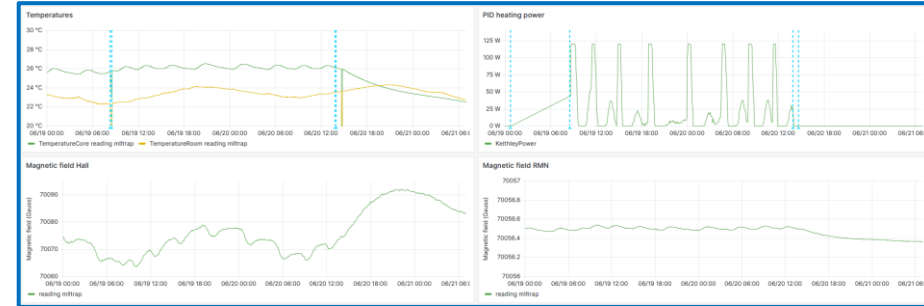


New low noise switches (CGC instruments)

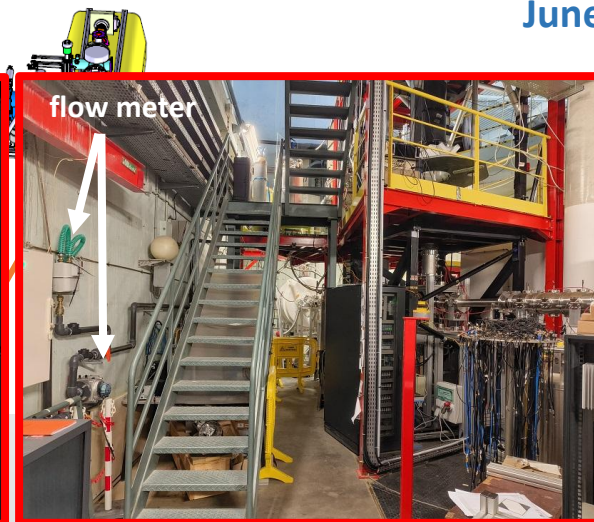
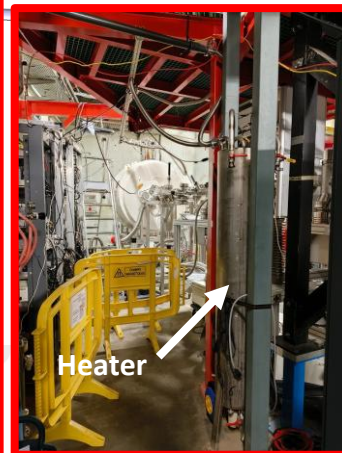
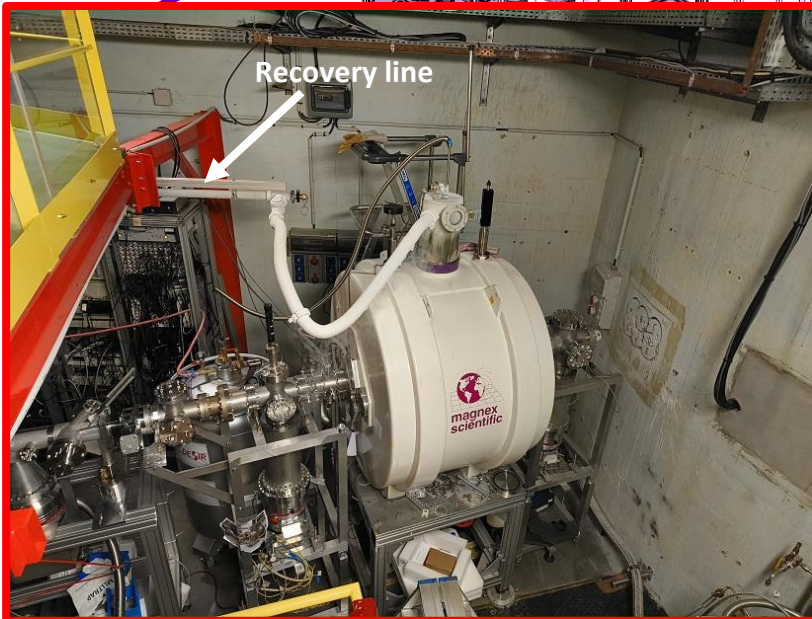


Heating system 10/2025

Probe located in the magnet's bore to track magnetic field evolution in real time working with the temperature stabilization system ($\Delta B/B \approx 10^{-7}$)



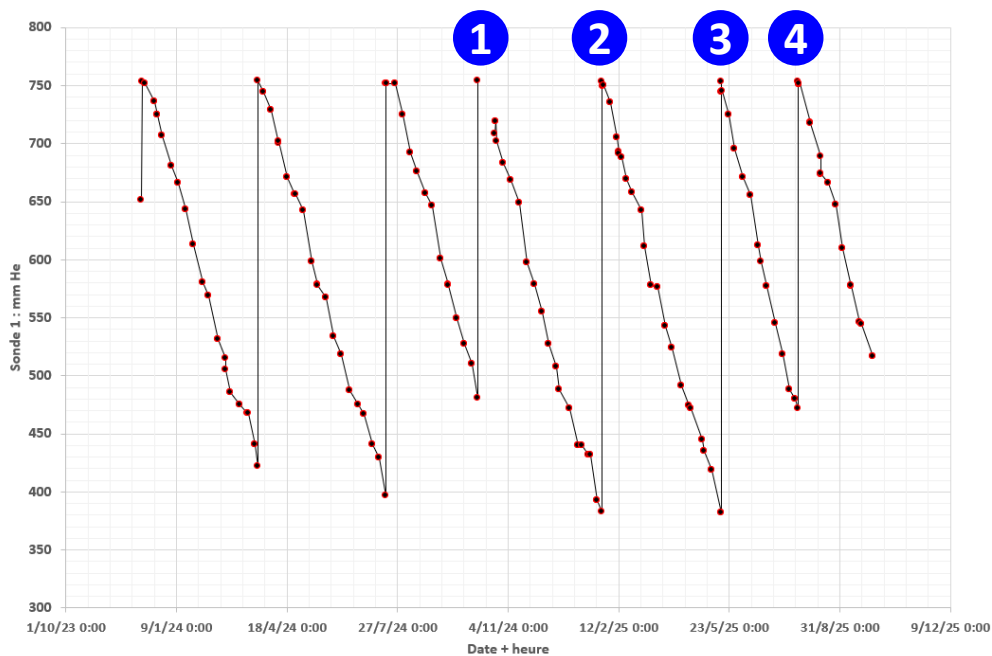
June 2025



Helium recovery line installed and validated during 2 helium fillings and during the daily base helium evaporation (1 L/day) \rightarrow \gg 50%



FAITS MARQUANTS 2025 : Projet RAASAH



Remplissages en hélium liquide avec la ligne de récupération installée

1	07 octobre 2024
2	27 janvier 2025
3	15 mai 2025
4	24 Juillet 2025

Moyenne hélium récupéré par jour : (entre 2 et 3) : **1.23 LLHe/j**

EAP 2024 : Estimation consommation de 1000 L d'hélium
Approvisionnement :

Coût (k€)

He liquide chez gazier

35

He gaz chez Air liquide + liquéfaction IJCLab

32.46

à Supratech (IJCLab) + taux de récupération 100 %

12.46

à Supratech (IJCLab) + taux de récupération 50%

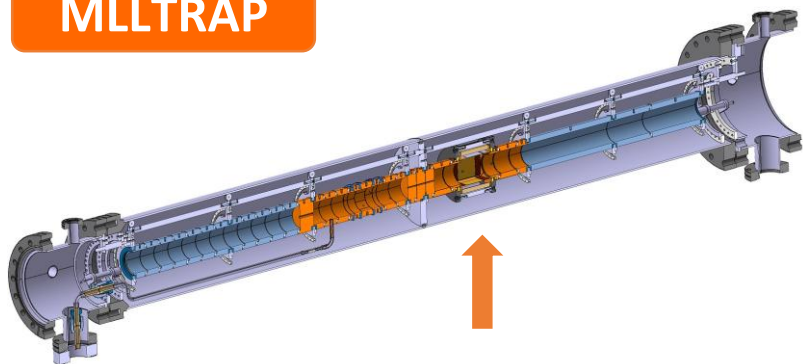
22.46

	Livraison hélium (L)	Compteur Min (M ³)	Compteur Max (M ³)
2	148	79,7	68,21
3	145	169,2	84,2
Δ		89,5	16

= 105,5 M³ soit 141 litres



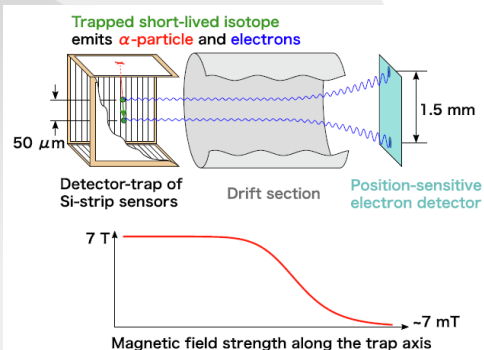
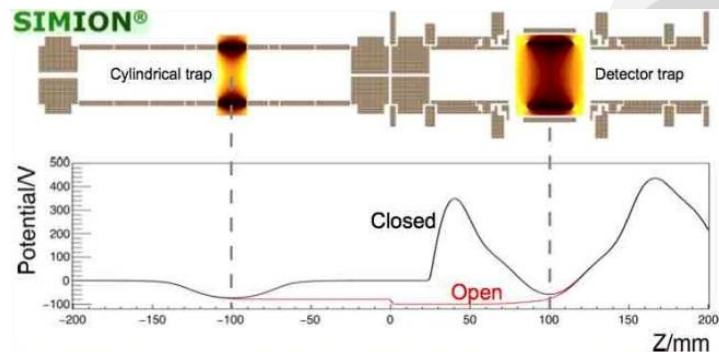
MLLTRAP



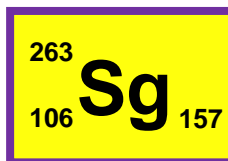
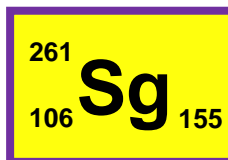
In-trap decay spectroscopy for MLLTRAP

- Decay experiments with carrier-free particles stored in a Penning trap enable studies on ideal ion samples.
- The improved energy resolution can be exploited for high-resolution α - and electron-decay spectroscopy.

DARING (Decay And Recoil imaging) technique to measure lifetimes of first excited nuclear states populated by α decay.



Physic case for MLLTRAP-Intrap @ DESIR



P. Chauveau et al., NIMB 463 (2020) 371 / P. Chauveau et al., NIMB 982 (2020) 164508

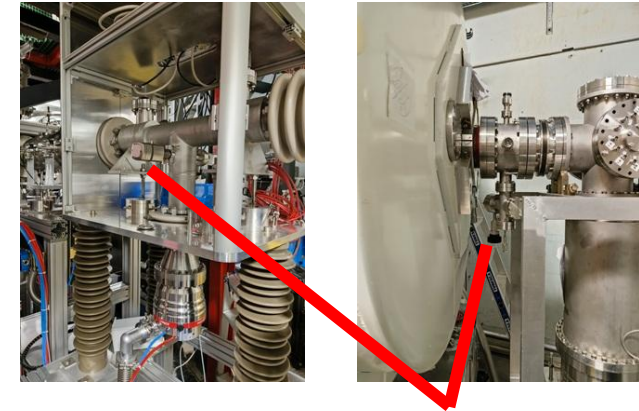
→ Mechanical assembly in progress.



Résumé de la demande : Master Projet DETRAP /MLLTRAP

Dotation pour l'année 2025 :

MP MLLTRAP	Demandée (k€)	Reçue (k€) AP IN2P3 missions	Reçue (k€) AP IN2P3	Reçue (k€) TGIR GANIL
Investissement	20	3	0	43 (dont 20 k€ pour He)
Fonctionnement	23			
Missions	8			
TOTAL	51			



Détails de la dotation obtenue en 2025 :

- Installation purificateur de gaz rares (hélium) pour le premier piège de Penning et le RFQCB (modèle PS4-MT3/15 Rainer Lammertz) → Achats Swagelok et Pfeiffer pour connecter le purificateur à la bouteille de gaz et aux chambres et analyser la pureté du gaz
- Achat fluides cryogéniques, câblages et petite mécanique pour les sections M1, M2 et M3
- Missions dans le cadre de la collaboration GSI-IN2P3 et conférences



Résumé de la demande : Master Projet DETRAP /MLLTRAP

Détails de la demande pour 2026 :

MP MLLTRAP	Demandée (k€)
Investissement	15
Fonctionnement	25
Missions	8
TOTAL	48



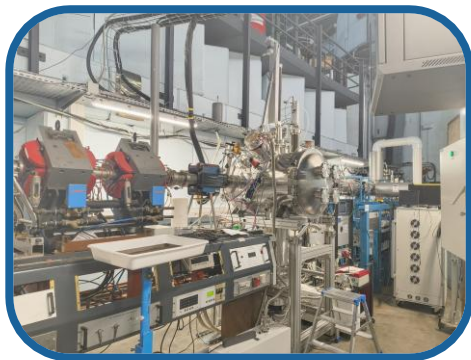
ISEG ECH 228 M (may 2005)
Iseg OPC Server via PEAK PCI CAN

- Fonctionnement courant (15 k€) : fluides cryogéniques pour une année. Le système de récupération d'hélium est utilisée depuis octobre 2024. Il a été possible de récupérer plus de 50% d'hélium évaporé. Une première discussion pour adapter ce système dans DESIR à déjà eu lieu.
- Fournitures et équipement scientifiques (25 k€) : Nouveau châssis d'alimentation et des modules HT ISEG (après 20 ans, la maintenance est compliquée). Ces alimentations sont nécessaires pour les pièges de Penning. Estimation 18 k€. Les 7 k€ restants serviront à l'achat des nouveaux amplificateurs et alimentations de précision pour les pièges de Penning et de la mécanique pour in-trap.
- Missions de déplacement travail (8 k€) : Prévision de missions de congrès, de missions de collaboration GSI-IN2P3 pour le nouveau postdoc IN2P3 et moi-même.



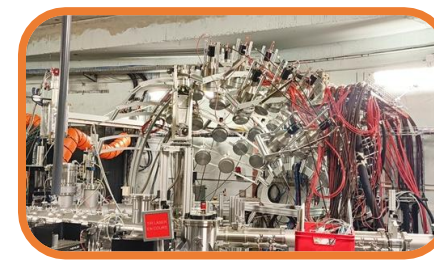
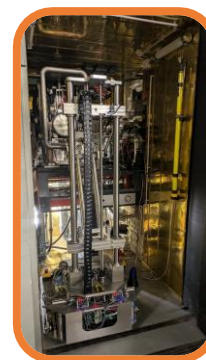
ALTO 2.0

Fiabilisation de la plateforme de recherche ALTO



ALTO - HEB

- Mise en place de SPACE ALTO
- Ligne BioALTO
- Campagne v-Ball (2018 – 2019 / 2022 – 2023)



ALTO - LEB

- Nouveau Front-end : mise en service 2022 / stabilité température four 2023 / fiabilisation électrode d'extraction 2025
- Nouveaux schémas lasers
- Expérience MONSTER (février 2025)

2024	2024	2024	2024	2025	2025	2025	2025	2026	2026	2026	2026	2027	2027	2027	2027
Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4

Inondation

**Début mise à niveau
Groupe Froid**

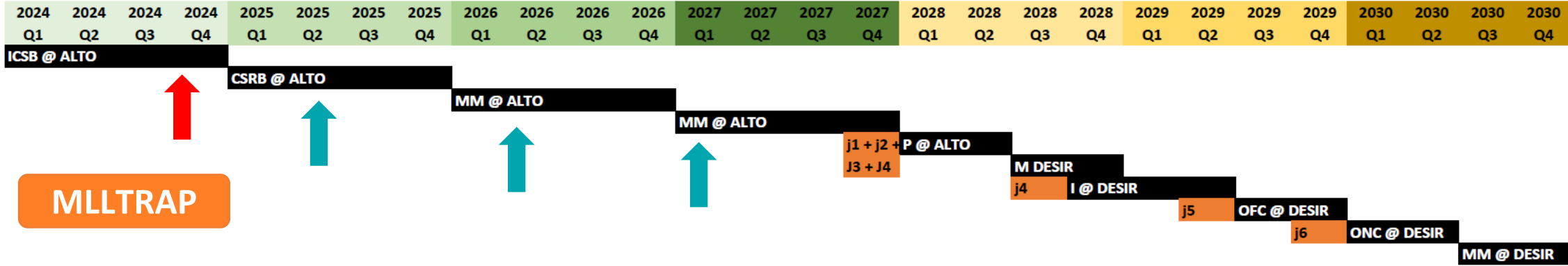
**Mise à niveau salle
de physique**

**Mise à niveau
Chauffage**





Situation ALTO 2024 - 2027



MLLTRAP

Planning procédés DESIR (mars 2024)

- Milestone 1 (j1): First physics case validated
- Milestone 2 (j2): transport beamline ready at DESIR
- Milestone 3 (j3): Budget for move confirmed
- Milestone 4 (j4): AGILENT dependent
- Milestone 5 (j5): stable beam available
- Milestone 6 (j6): radioactive beam available

- ICSB @ ALTO : Installation & Commissioning with Stable beam at ALTO
- CSRB @ ALTO : Commissioning with Stable and radioactive beam at ALTO
- MM @ ALTO : mass measurement campaign at ALTO
- P @ ALTO : Packing at ALTO
- M DESIR : Move to DESIR
- I @ DESIR : Installation at DESIR
- OFC @ DESIR : offline Commissioning at DESIR
- ONC @ DESIR : online Commissioning at DESIR
- MM @ DESIR : Mass measurements at DESIR



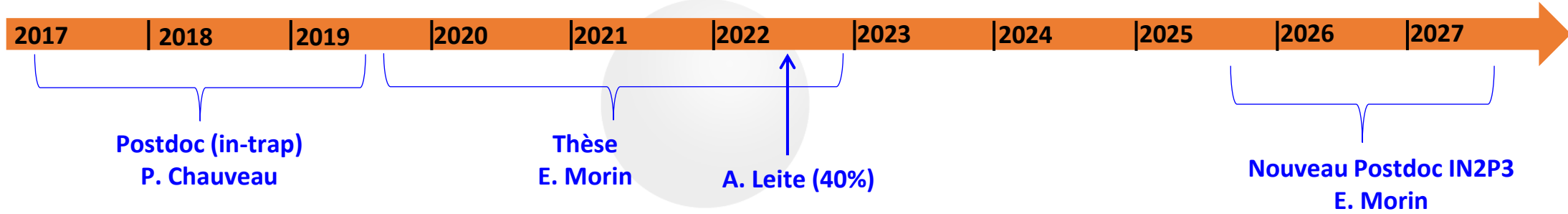
Budget pluri-annuel (k€)

Simulations/conception

Achats / livraisons / installations

Mises en service

Campagnes de mesure



	2025	2026	2027	2028	2029
Investissement	20	15	« 150 »
Fonctionnement	23	25	« 23 »
Missions	3	8	« 5 »

- Missions régulières avec le GSI (collaboration SHIPTRAP) + Conférences / Ecoles
- Projet RAASAH → stabilisation budget fonctionnement fluides cryogéniques ? Phase 2 projet RASAAH ? Amélioration de l'équipement section M1 [Diagnostic, vide, électronique, cryogénie]
- R&D en parallèle : projet in-trap [Banc de test : vide, électronique, mécanique]
- **>2027** : Budget pour le déménagement (notamment l'aimant supraconducteur)