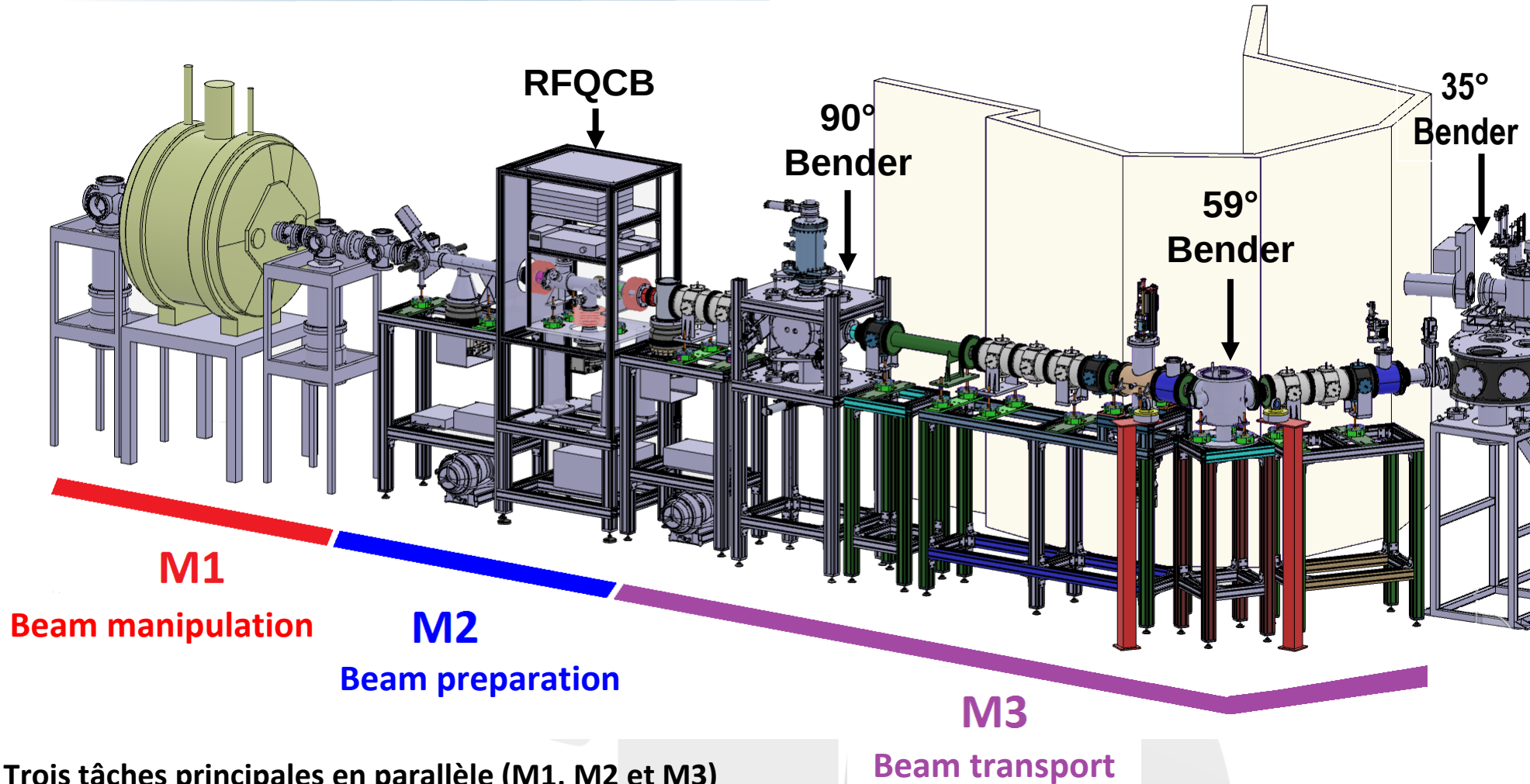


- ☐ Mesures de masses de haute précision pour l'étude de la structure nucléaire.
- ☐ Deux pôles impliqués : Pôle Physique des accélérateurs et Physique nucléaire
- ☐ 2016 – 2030 : Mise en service dans ALTO, perfectionnement de MLLTRAP (R&D), campagne de mesures de masses.
- ☐ >2030 : Installation dans 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)





## PROJET MLLTRAP : Équipes concernées (2026/2027)

Pôle Physique des  
accélérateurs  
Equipe BIMP

**E. Minaya Ramirez / Responsable projet**

**A. Leite /** contrôle et commande

**E. Morin /** postdoc IN2P3 jusqu'à fin septembre 2027

Pôle Physique nucléaire  
Equipe SDF

A.Lopez-Martens / in-trap

K. Hauschild / in-trap

**V. Manea /** section préparation et manipulation

Services techniques :  
Mécanique  
Cryogénie

H. Ramarijaona / Bureau d'étude (toutes les sections)

B. Geoffroy / montage et usinage (toutes les sections)

**R. Thoer, F. Chatelet, /** liquéfacteur Hélium / service cryogénie (hélium)

Plateforme ALTO  
Service lignes

**A. Said, S. Semsoum, E. Borg, A. Bouafia, F. Debray, F. Fahy, S. Jourdain, F. Lemaitre**  
installation, usinage, fluides, contrôle et commande section transport

Industriel

C. Germain et R. Boucher, sonde aimant supraconducteur





Cadre de l'accord de collaboration entre 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<br>coté Français | 5    | 20   | 15   | 20   | 20   | 20   | 15   | 0    | ---  |



# 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    | 0    |      |
| Nombre de communications   | 2    | 1    | 1    | 1    | 0    | 3    | 4    | 4    | 3    | 2    | 2    |      |
| Nombre de thèses soutenues | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    |      |

## Publications

- Article technique en préparation en lien avec les mises en service et caractérisations en cours.
- 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  $\alpha$  spectroscopy to lifetime measurements with MLLTRAP », Nucl. Instr. Meth. B 463 (2020) 371

## Communications sur MLLTRAP

- 2026 : Workshop DESIR / Journée du GDR SCIPAC et RIF
- 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 Lascala Master<br>“Large Scale Accelerators and Lasers” / Paris-Saclay | 07/10/2024 – 10/01/2025 | M1     |
| Gabriel Gras     | L3 Physique fondamentale cursus Magistère de Physique<br>fondamentale de Paris-Saclay | 10/06 – 18/07/2025      | L3     |
| Lucas Perret     | Master 1 Physique & Applications / Paris-Saclay                                       | 13/04 – 05/06/2026      | M1     |



# Contexte (budgétaire)



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



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



R&D Caylar (M1p) : 28 k€ (utilisés en 2020)  
Section préparation (M2) : 306 k€ (utilisés en 2021)  
Section transport (M3) : 246 k€ (utilisés en 2021/2022)  
→ **Commande Pantechnik inachevée**



**NUCLÉAIRE  
& PARTICULES**

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

| 2018<br>DETRAP | 2019<br>DETRAP | 2020<br>DETRAP | 2021<br>DETRAP | 2022<br>DETRAP+<br>+ TGIR | 2023<br>DETRAP<br>+ TGIR<br>+ Equipex | 2024<br>DETRAP<br>+ TGIR<br>+ Equipex | 2025<br>DETRAP<br>+ TGIR<br>+ Equipex | 2026<br>DETRAP<br>+ TGIR<br>+ Equipex | 2027<br>DETRAP |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| 0              | 8              | 12             | 25             | 5<br>33                   | 14<br>20<br>15.9                      | 4<br>48<br>0.25                       | 3<br>43<br>0                          | 4<br>34<br>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

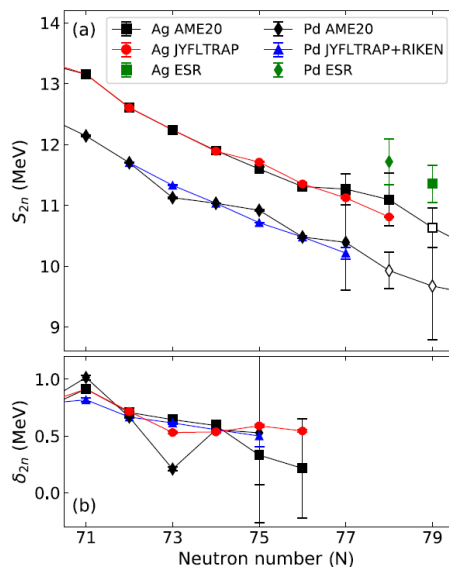
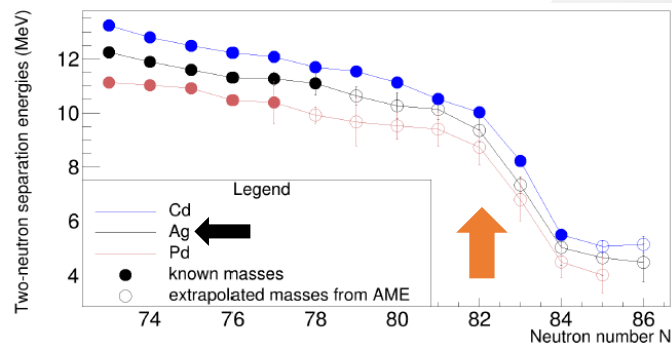


# Physic case for MLLTRAP @ ALTO

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



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



## Nuclear astrophysics

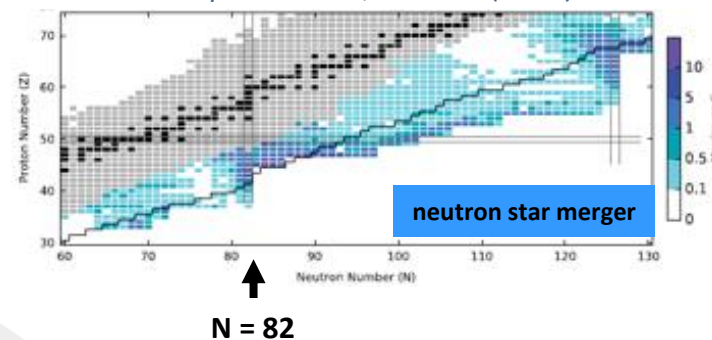
Inputs for r-process path evolution models

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

## Nuclear structure

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

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



→ first production of silver RIB at ALTO

*A. Segovia Miranda et al., Nucl. Instr. Meth. A 1080 (2025) 170785*

Other opportunities for mass measurements  
at ALTO around  $N = 50$



# 2025 - 2026 - 2027 Investissements infrastructure plateforme ALTO



DR04 / IFSeM

| 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

Location GF

Rénovation zone pilotage  
Installation GF avec système de FC

Durabilité de la plateforme

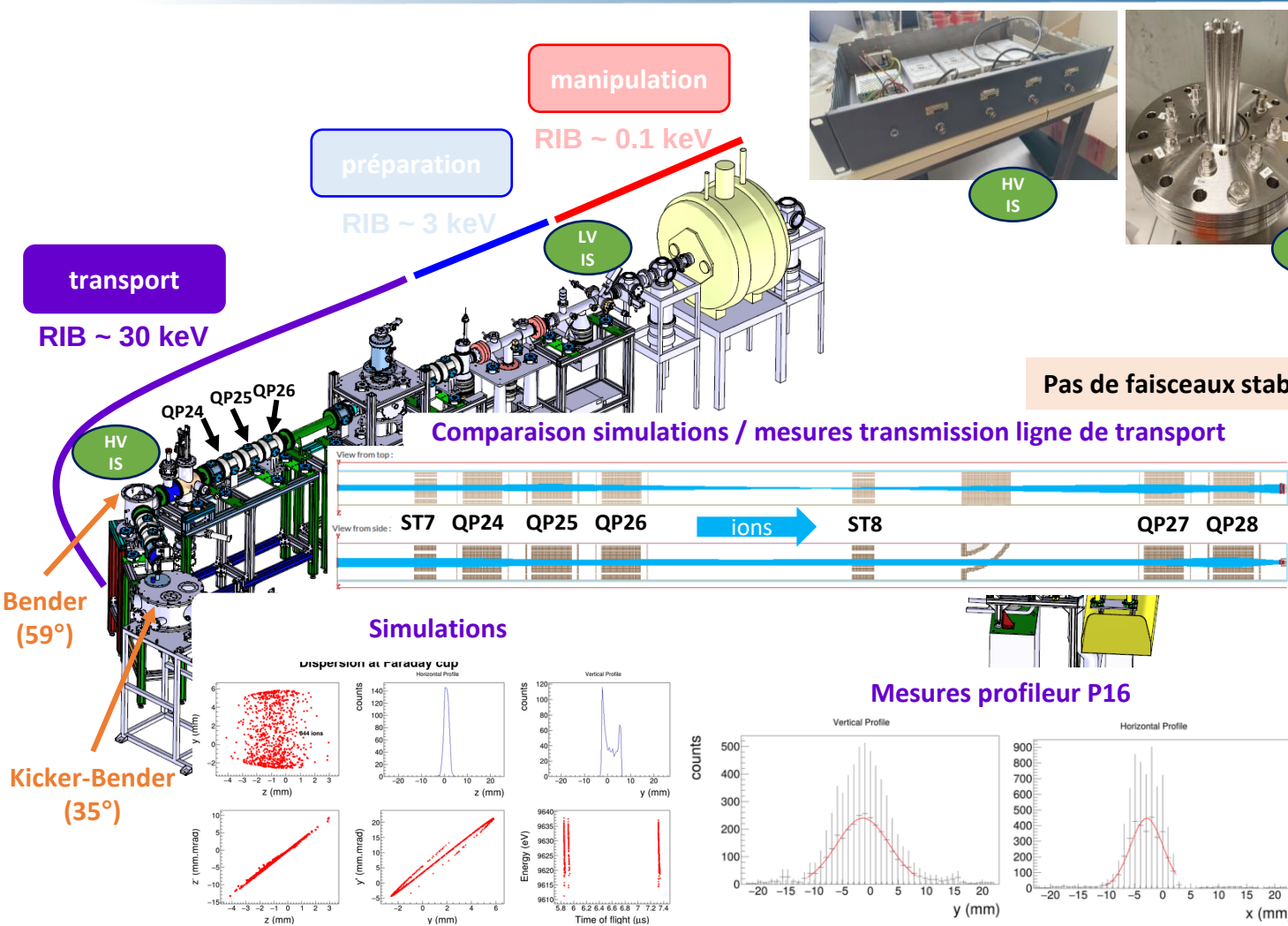
- Installation d'un nouveau sol dans la salle de pilotage (en cours)
- Installation d'un nouveau groupe frigorifique (en cours)
- Rénovation du système de chauffage et du réseau de distribution (2027)

- D'autres travaux de modernisation ont été réalisés à proximité des accélérateurs pendant les chantiers.
- Le personnel de la plateforme a également pris en charge le déplacement de plusieurs équipements.
- D'autres jouvences sont en discussion avec la DR04 : les centrales de traitement d'air (CTA) et régulations de la plateforme.

Plusieurs périodes de travaux depuis 2025 → temps de faisceau réduit et arrêt réguliers ou complet de certaines installations.



# Points marquants MLLTRAP @ ALTO - transport



HV IS



HV IS



10/2026

Pas de faisceaux stables depuis l'ECS n'ont pu être envoyés vers MLLTRAP.

Comparaison simulations / mesures transmission ligne de transport

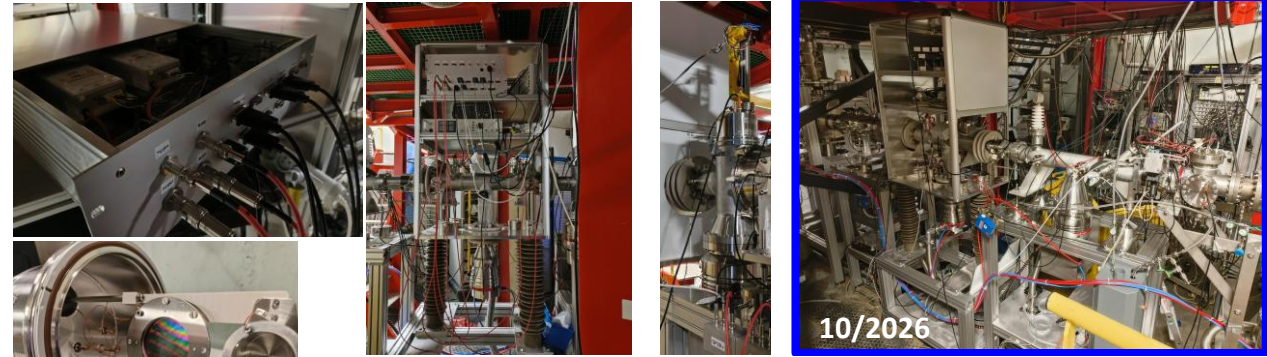
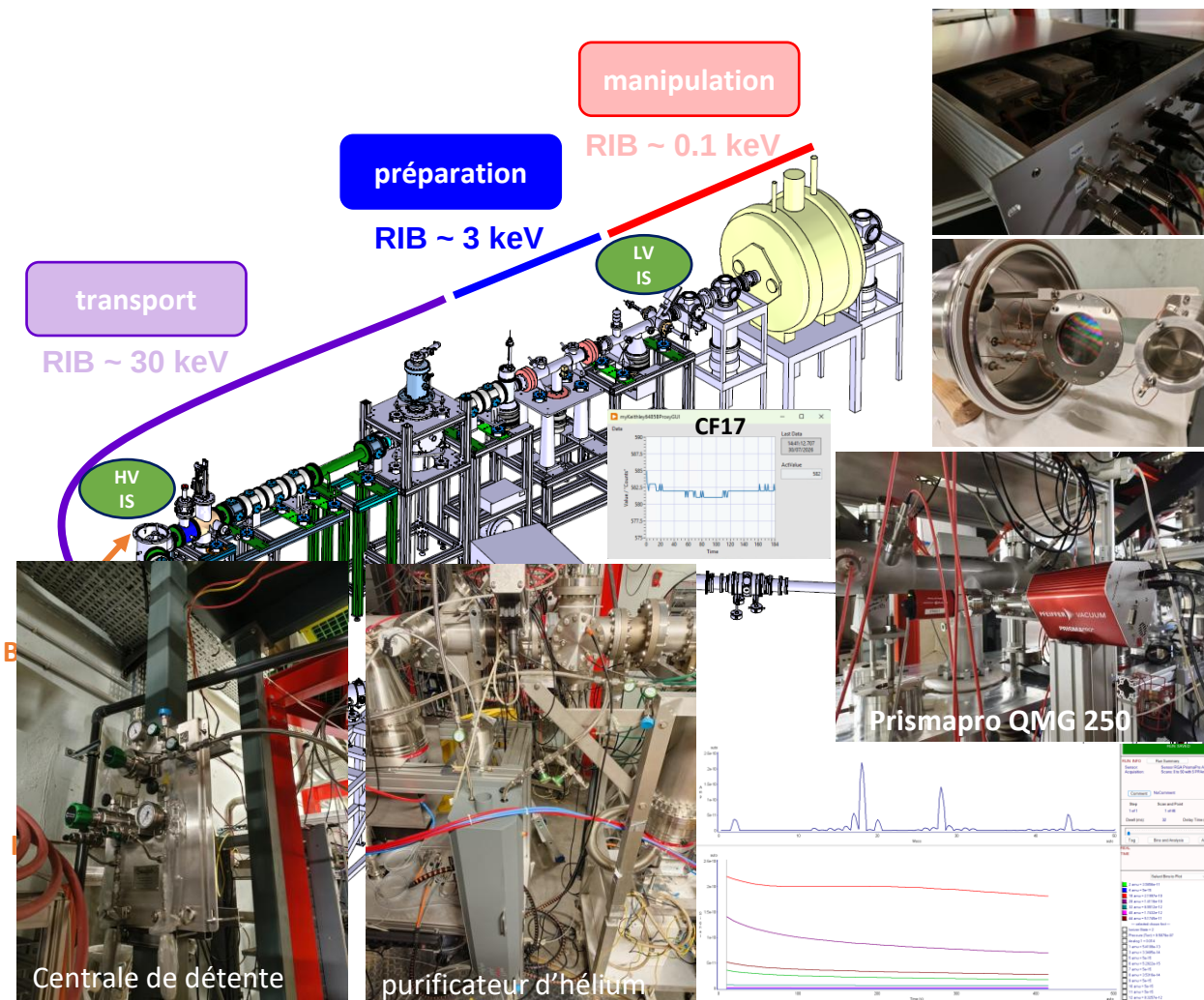
Modification de l'électrode d'extraction de la source à ion la HT (HV IS) pour améliorer les émittances sur les deux plans → tests 10 kV ont validé un meilleur profil et un meilleur transport. Ce nouveau changement permet aussi de balayer et pulser le faisceau.

Simulations en cours pour étudier les corrélations des optiques de la ligne de transport jusqu'à l'entrée du RFQCB. Les paramètres actuels ont permis une transmission proche de 50%, l'objectif est de trouver les paramètres pour faire un faisceau parallèle.

Des réparations électroniques et mécaniques ont également été effectuées en 2026.



# Points marquants MLLTRAP @ ALTO - préparation



La centrale de détente, les flexibles et vannes Swagelok ont été livrés et installés autour de la section de préparation et de manipulation. Le purificateur d'hélium (modèle PS4-MT3/15 Rainer Lammertz) va être testée avant la fin de l'année.

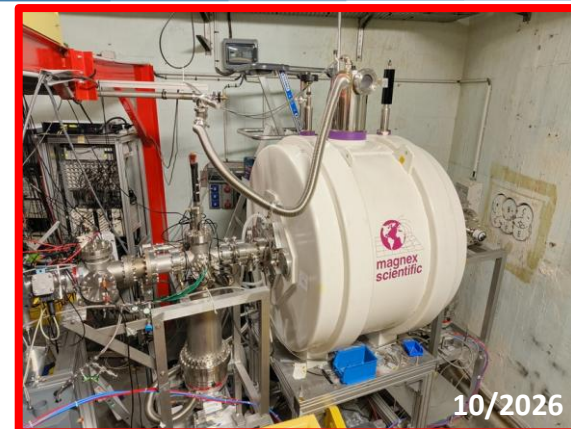
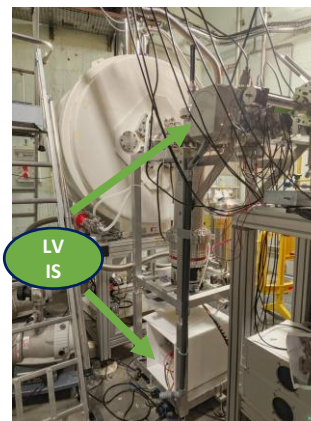
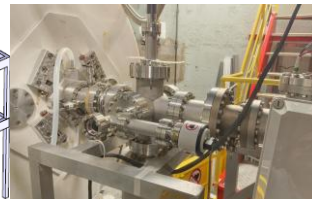
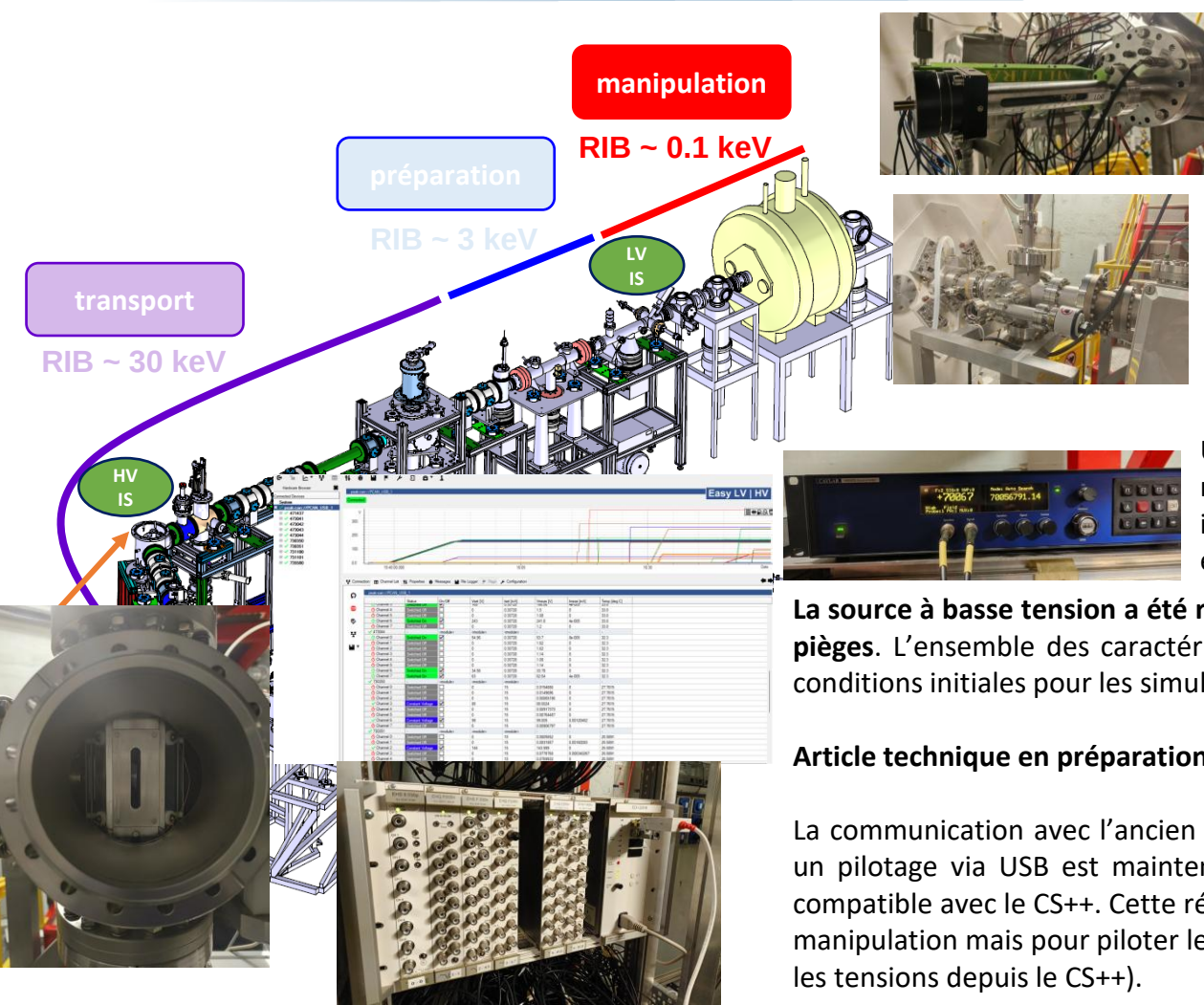
Le spectromètre de masse quadripolaire pour l'analyse des gaz résiduels (PrismaPro QMG 250) a été temporairement installé au niveau du RFQCB pour étudier la pureté du gaz pour le refroidissement des ions.

Modifications au niveau des points de diagnostics. **Transport du faisceau jusqu'au diagnostic placé après la zone de décélération.** La transmission est <10% car le faisceau n'est pas parallèle à l'entre du RFQCB. Les prochains tests seront concentrés sur les faisceaux pulsés.

Système de contrôle et commande (CS++) permet de piloter HV IS, les diagnostics, les alimentations du RFQCB. Le système d'adaptation Ethernet / RS232 / fibre optique a également été testé avec le CS++.



# Points marquants MLLTRAP @ ALTO - manipulation



Un nouveau gaussmètre a été installé, il devrait améliorer la stabilité des mesures de champ. Deux nouvelles CF et une nouvelle jauge ont été installées dans la section de manipulation. La jauge abîmée a également été remplacée.

**La source à basse tension a été remise en route, un transmission de 60% a été possible vers l'injection des pièges.** L'ensemble des caractérisations des sources HV et LV avec des CF permettent de contraindre les conditions initiales pour les simulations des sources.

**Article technique en préparation sur les mises en services des différentes sections.**

La communication avec l'ancien châssis ISEG ECH 228 M (avec 6 modules HT) a été partiellement réparée, un pilotage via USB est maintenant possible mais uniquement en utilisant un logiciel (Easy LV|HV) non compatible avec le CS++. Cette réparation a permis d'effectuer des tests dans la section de préparation et de manipulation mais pour piloter les pièges de Penning il faudra un nouveau châssis (notamment pour scanner les tensions depuis le CS++).



# Résumé de la dotation obtenue : Master Projet DETRAP /MLLTRAP

## Dotation pour l'année 2025 :

| MP MLLTRAP     | Demandée (k€) | Reçue (k€)<br>AP IN2P3<br>missions | Reçue (k€)<br>AP IN2P3 | Reçue (k€)<br>TGIR GANIL |
|----------------|---------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Investissement | 15            | 4                                  | 0                      | 34                       |
| Fonctionnement | 25            |                                    |                        |                          |
| Missions       | 8             |                                    |                        |                          |
| <b>TOTAL</b>   | <b>48</b>     |                                    |                        |                          |

## Détails de la dotation obtenue en 2026 :

**Fonctionnement :** Remplissage en hélium liquide du réservoir et maintien en froid du réservoir Hélium avec une récupération > 90 % (12.5 k€)

**Investissement :**

- 8.5 k€ : achat nouveau châssis ISEG avec carte de pilotage pour installer 10 modules HT
- 13 k€ : Equipement de pilotage par fibre pour le RFQCB, mécanique et électronique pour nouvelle électrode d'extraction, adaptateurs ligne de transport hélium pour section M2 et M1, réparation claquage module HT 30 kV.

**Missions :** missions pour des ateliers (4 k€).



# Résumé de la demande : Master Projet DETRAP /MLLTRAP

## Détails de la demande pour 2027 :

| MP MLLTRAP     | Demandée (k€) |
|----------------|---------------|
| Investissement | 40            |
| Fonctionnement | 12            |
| Missions       | 4             |
| <b>TOTAL</b>   | <b>56</b>     |



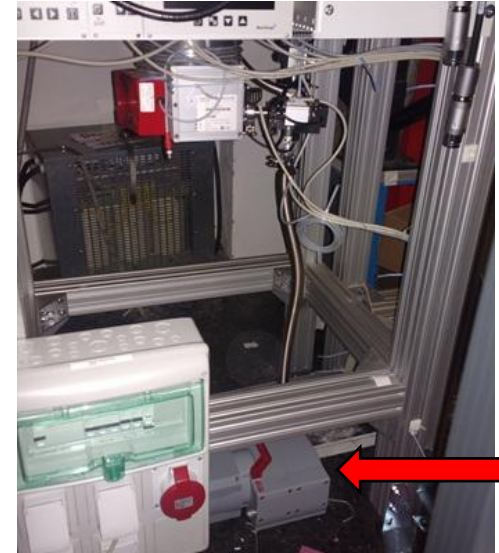
Profileur Pantechnik : livré le 10/12/2024

**Fonctionnement** (12.5 k€) : hélium liquide pendant une année → Remplissage en hélium liquide le réservoir et maintien en froid du réservoir Hélium

### Investissement :

- La finalisation de l'émettancemètre inachevée par Pantechnik peut être effectuée au GANIL (10 k€)
- Achat des modules HT ISEG , nécessaire pour piloter la section M1 et une partie de la section de décélération avec le CS++ (21 k€).
- Une nouvelle une pompe primaire, un système de jauges et une vanne électronique sont nécessaire pour améliorer le vide entre la section M2 et M3 (9 k€).

**Missions** : En prévision de missions de congrès et d'ateliers pour les membres liés au projet MLLTRAP dont une postdoctorante IN2P3.

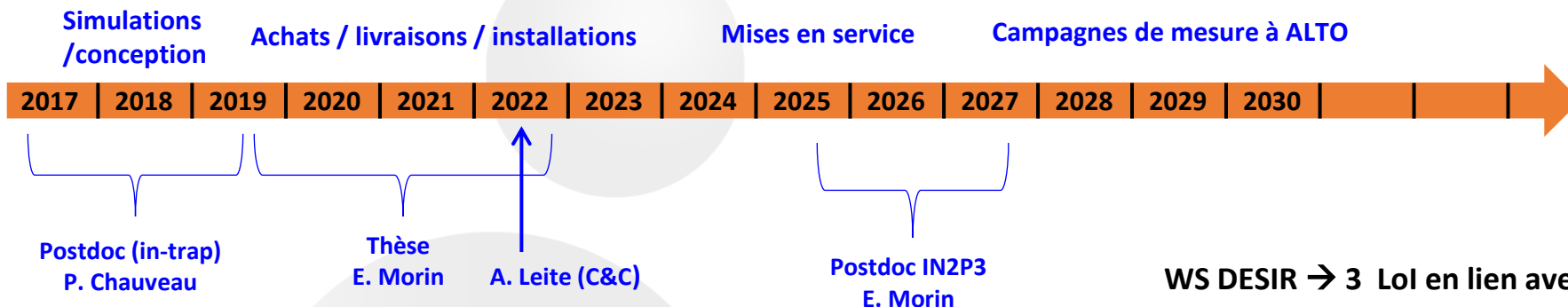




# Budget pluri-annuel (k€)



MLLTRAP → Phase II - installation et opération > 2030



WS DESIR → 3 Lol en lien avec In-trap

## A partir de 2028 :

- Fonctionnement : prix hélium liquide stable depuis le début du projet
- Investissement sur l'amélioration électronique MLLTRAP
- Investissement sur la mécanique du projet in-trap (mécanique, électronique)
- Investissement sur la phase 2 du projet RAASAH (stabilisation pression).
- **>2030** : Budget pour le déménagement (notamment l'aimant supraconducteur)

