

DRIL - Double Resonance Investigation on-Line

Antoine de Roubin - LPC Caen, Caen, France



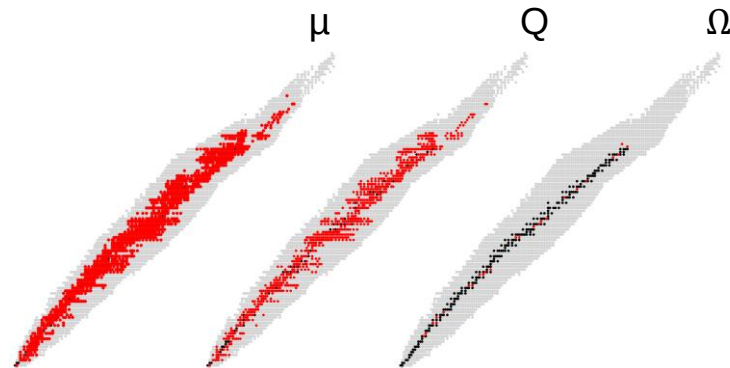
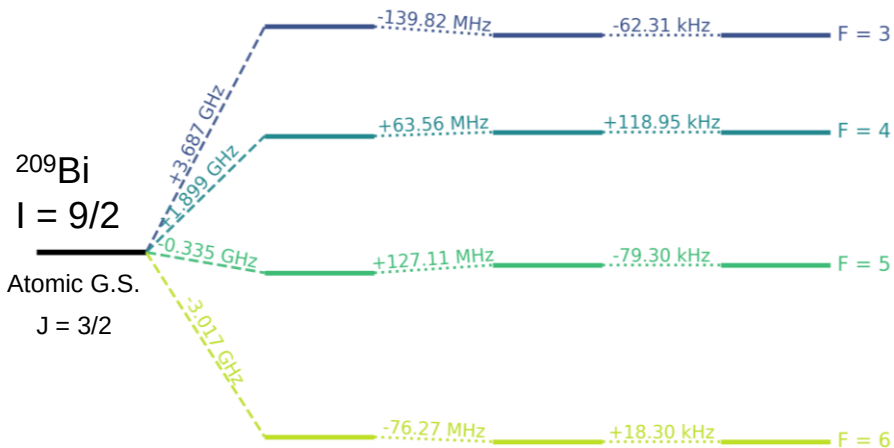
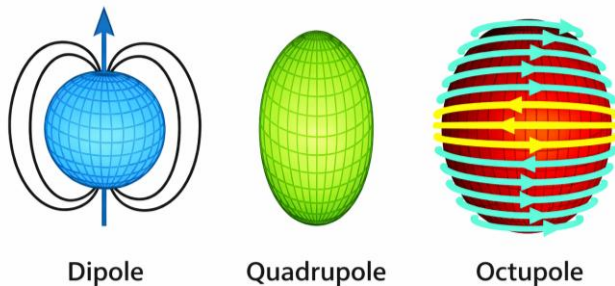
22/10/2026

EAP S³, Paris, France

Sommaire

- Objectif du projet
- Résultats
- Calendrier
- Budget

Objectif du projet – Moments électromagnétiques



- μ et Q ont été sondés de manière extensive à travers la carte des noyaux
- Les études limitées de Ω sont dues à la sensibilité et à la précision requises

Mertzimekis, T. J., et al NIM A 807 (2016): 56-60.
Li, Jiguang, et al Atoms 10.4 (2022): 132.



Objectif du projet – Moment magnétique octupolaire

μ et Ω sont liés aux mêmes degrés de liberté magnétiques, mais les sondent de manière différente

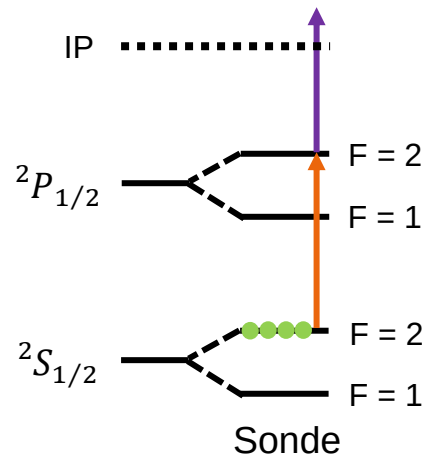
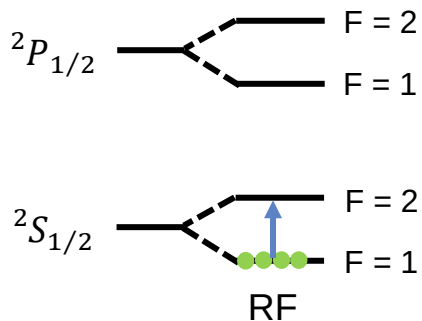
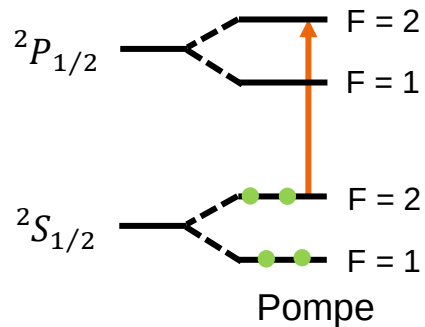
$$\mu_{s.p.}^{(\tau)} = \mu_n \left[\left(j - \frac{1}{2} \right) g_l^{(\tau)} + \frac{1}{2} g_s^{(\tau)} \right]$$

$$\Omega_{s.p.}^{(\tau)} = \mu_n \frac{3(2j-1)}{4(2j+2)} \langle r^2 \rangle \left[\left(j - \frac{3}{2} \right) g_l^{(\tau)} + g_s^{(\tau)} \right]$$

- **M** : Intensité dipolaire
- **Ω** : Sensibilité aux multipôles d'ordre supérieur (effet de couplage neutron/proton, effet de la densité de neutrons, sonder les effets de mélange de configurations)
- **Anomalie hyperfine** : Sensibilité radiale : Effets de la distribution de l'aimantation nucléaire (correction de Bohr–Weisskopf)

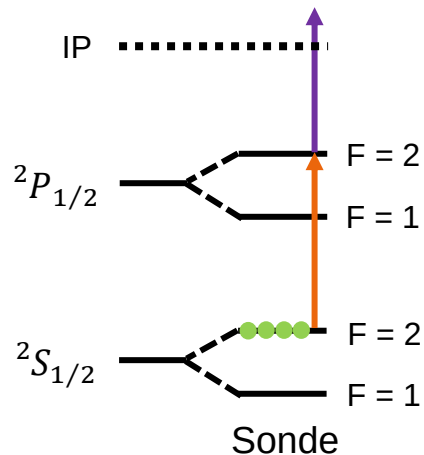
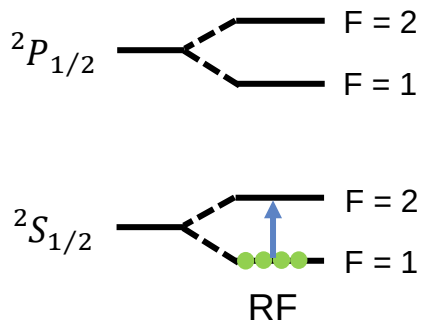
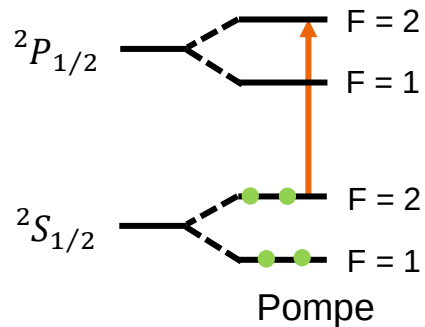
Objectif du projet – Adapter LRDR à S³LEB

LRDR : Laser-Radiofrequency Double Resonance



Objectif du projet – Adapter LRDR à S³LEB

LRDR : Laser-Radiofrequency Double Resonance



Method	Larger spectral (FWHM)
--------	------------------------

In-gas-cell	~ 1.8 GHz
-------------	-----------

In-gas-jet	~ 150 MHz
------------	-----------

LRDR	~ 20 kHz
-------------	----------

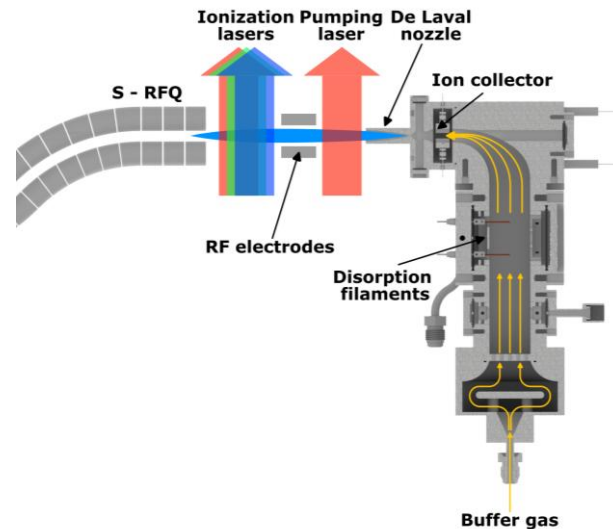
● Objectif du projet – LRDR adaptée à d'S³LEB

Segmenter le jet de gaz en 3 régions: Pompe, RF et Sonde

- ✓ Haute résolution
- ✓ Haute sensibilité

Permet de combiner la précision de LRDR avec la sensibilité offerte par l'ionisation et la sélection en masse d'S³LEB

- Collision minimal dans le jet de gaz



● Résultats – premiers tests à KU Leuven

Preliminary results :

Measurements on Na

Spectral width: 20 – 30 kHz

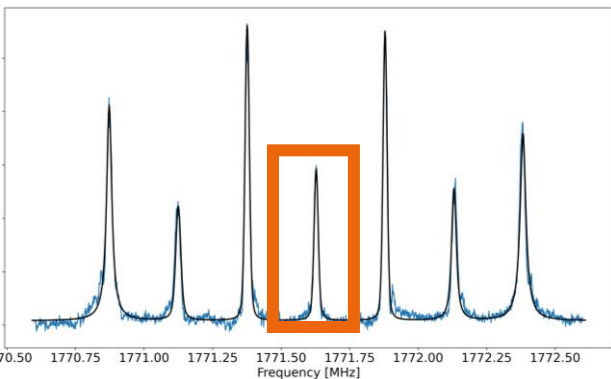
Accord to literature :

$\Delta\text{AHFS} = 200 \text{ Hz}$

Systematics : $\sim 100 \text{ Hz}$

$$A_{\text{fit}} = 885.8130644(5)$$

$$A_{\text{fit}} = 885.81286(11)[+/- 0.0005]$$



● Résultats – premiers tests à KU Leuven

Preliminary results :

Measurements on Na

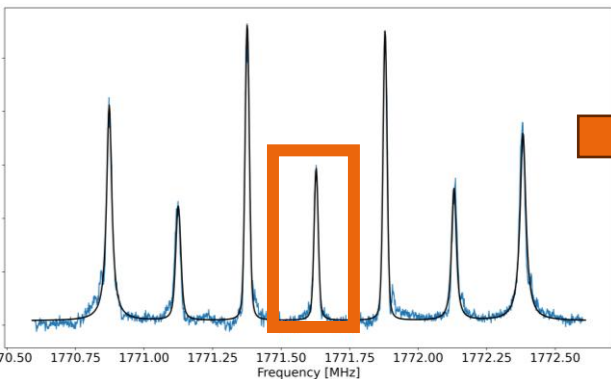
Spectral width: 20 – 30 kHz

Accord to literature :

$\Delta\text{AHFS} = 200 \text{ Hz}$

Systematics : $\sim 100 \text{ Hz}$

$$A_{\text{lit}} = 885.8130644(5)$$
$$A_{\text{fit}} = 885.81286(11)[+/- 0.0005]$$



Rabi oscillation:

Coherent excitation

Spectral width : $\sim 10 \text{ kHz}$

$$P(\delta, t) = \frac{\Omega_0^2}{\Omega_r^2} \sin^2\left(\frac{\Omega_r t}{2}\right)$$

$\Omega(t)$

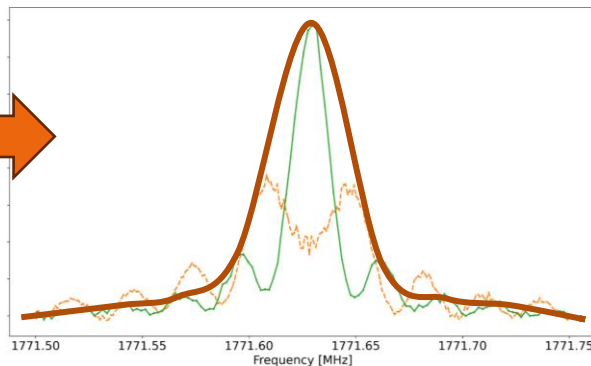
Ω_0

τ

0

$$\Omega_r = \sqrt{\Omega_0^2 + \delta^2}$$

The diagram shows a rectangular pulse of height Ω_0 and duration τ on a coordinate system where the vertical axis is $\Omega(t)$ and the horizontal axis represents time. The pulse starts at 0 and ends at 0.



Résultats – premiers tests à KU Leuven

Preliminary results :

Measurements on Na

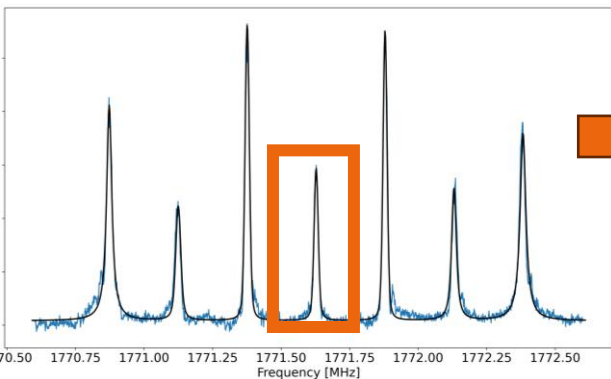
Spectral width: 20 – 30 kHz

Accord to literature :

$\Delta A_{HFS} = 200$ Hz

Systematics : ~ 100 Hz

$$A_{lit} = 885.8130644(5)$$
$$A_{fit} = 885.81286(11)[+/- 0.0005]$$

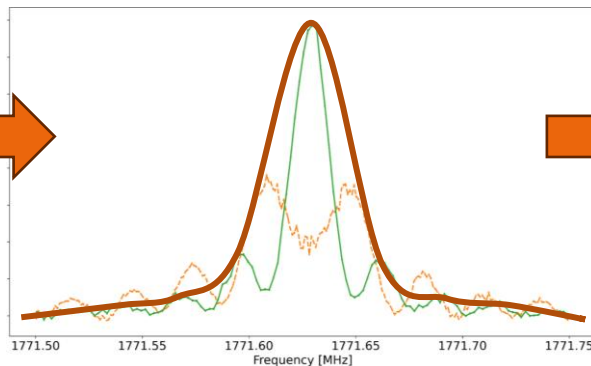
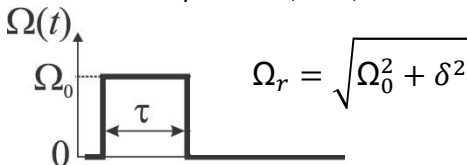


Rabi oscillation:

Coherent excitation

Spectral width : ~ 10 kHz

$$P(\delta, t) = \frac{\Omega_0^2}{\Omega_r^2} \sin^2 \left(\frac{\Omega_r t}{2} \right)$$

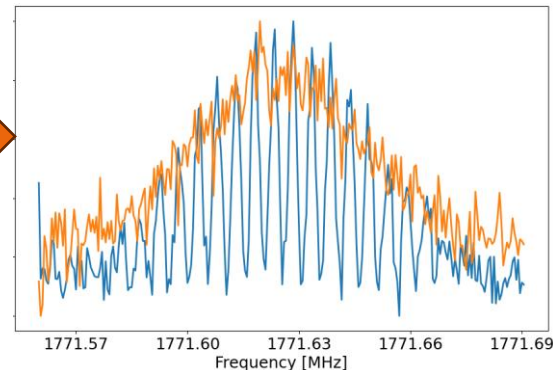
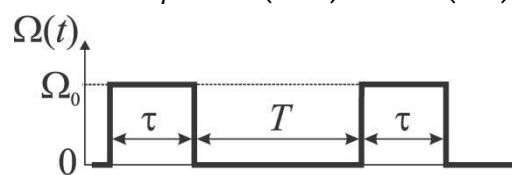


Ramsey interferometry:

2 pulses separated by time T

Spectral width : ~ 2.5 kHz

$$P(\delta, t) = \frac{\Omega_0^2}{\Omega_r^2} \sin^2 \left(\frac{\Omega_r t}{2} \right) \cos^2 \left(\frac{\delta T}{2} \right)$$





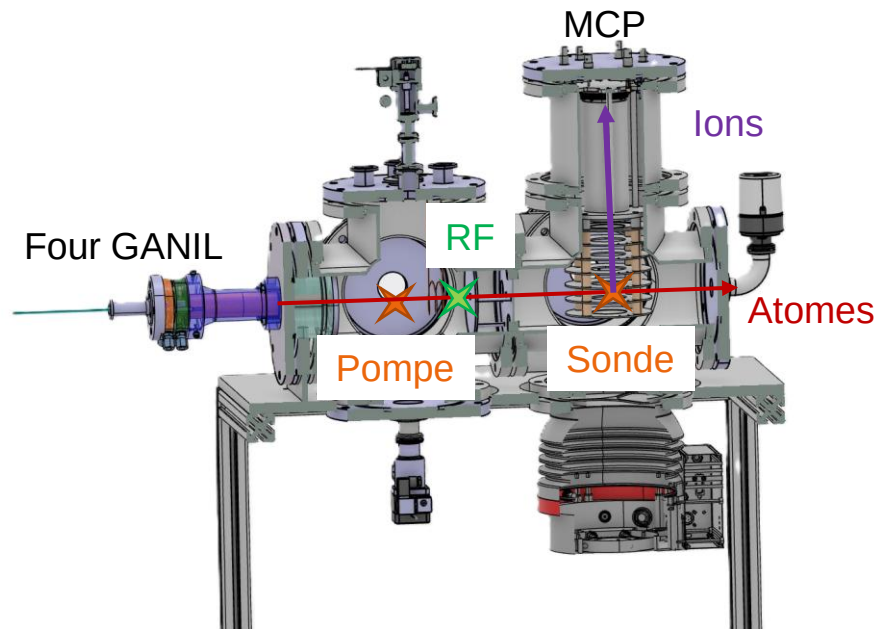
Résultats – Installation d'un nouvel ABU à ALTISA

Chambre de référence – ABU :

- Permet de tester des schémas d'ionisation laser
- Et LRDR

Design et construction : LPC

- Installé dans ALTISA
- 1^{ère} mise en route dans les prochains jours



Calendrier

Fin 2026

- 1^{er} signal avec l'ABU
- Achat du matériel prévu dans l'ANR

2027

- Janvier à avril : Spectroscopie laser dans l'ABU avec Gd, Ho, Tm
- Avril à juin : Premier signal LRDR dans l'ABU
- Juillet à décembre : Etude des systématiques liées à LRDR (champs magnétique,...)

2028

- Adaptation de LRDR à S³LEB (en parallèle de la préparation de S³LEB aux premières expériences)

2029

- Premières mesures LRDR sur faisceau radioactif (si en accord avec la collaboration et le calendrier d'S³LEB)

Budget

Budget alloué par l'ANR : 530 272,00 €

RH :

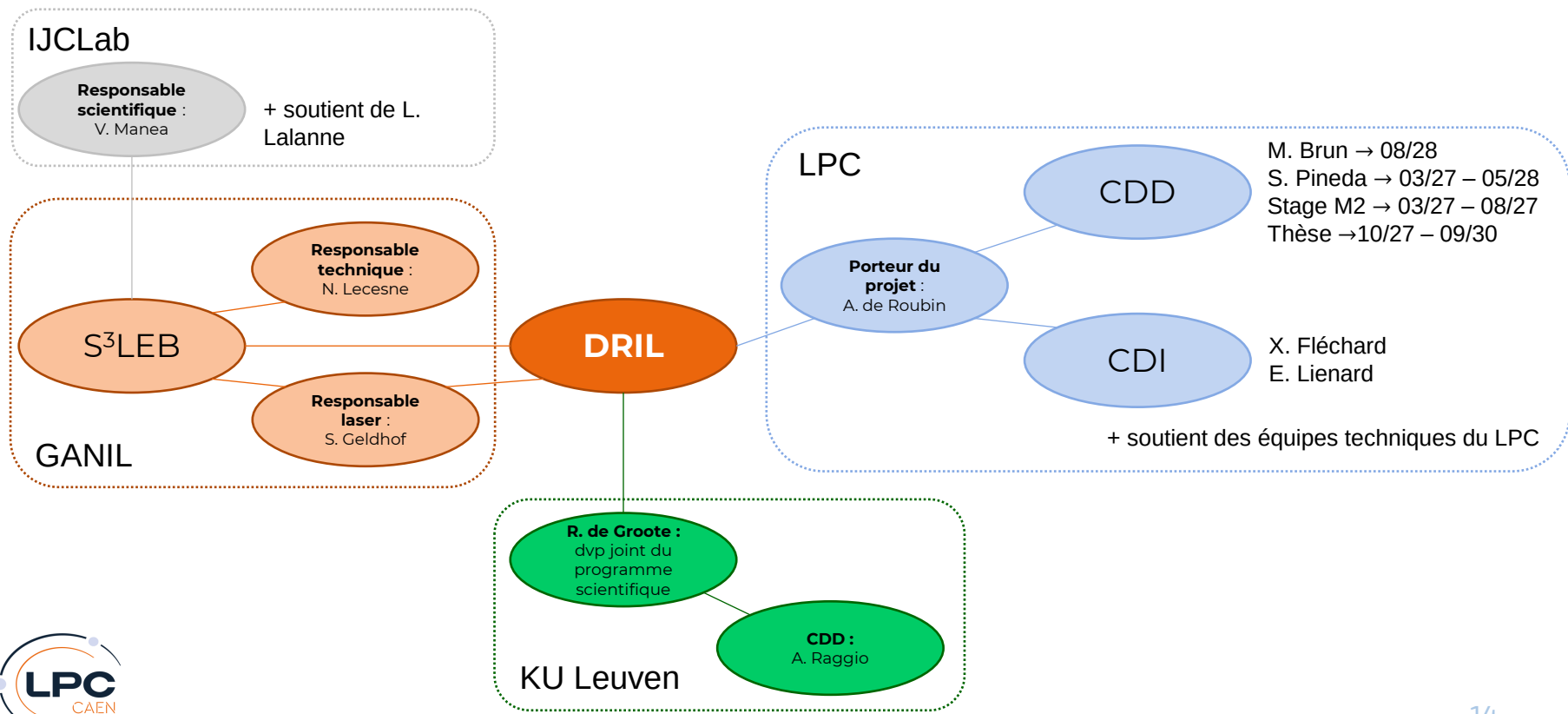
- Stage M2 → 4 200 € (*6 mois : de mars à aout 2027, en cours de recrutement*)
- Thèse → 120 000 € (*de octobre 2027 à septembre 2030, en cours de recrutement*)

Equipement :

- Laser de pompe Nd:YAG → 120 000 €
- Cavité externe pour doublage de fréquence de laser continu → 75 000 €
- Lambda mètre → 55 000 €
- Générateur de fréquence (GHz) + horloge externe → 25 000 €

Petit équipement, consommable, mission et cout administratif : ~ 150 000 €

Organigramme



Conclusion

Projet DRIL :

- Premiers tests LRDR dans le jet de gaz fait à KU Leuven, résultats encourageant
- Nouvel ABU à ALTISA compatible LRDR

RH actuelles :

- Maylis Brun, PhD : 2025-2028, mise en route de l'ABU et premières mesures LRDR

RH à partir de 2027 :

- Skyy Pineda, postdoc : 14 mois
- Stage M2 de 6 mois, mars à aout 2027
- Thèse, 2027-2023, premières mesures LRDR à S³LEB sur faisceaux radioactif