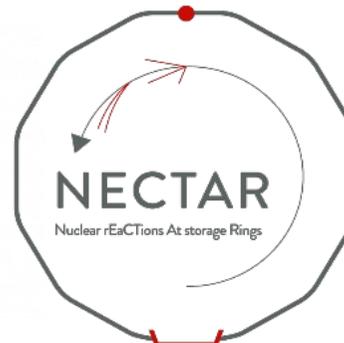




European Research Council
Established by the European Commission



NECTAR: Nuclear rEaCTions At storage Rings

Jerome Pibernat et Beatriz Jurado

Motivation scientifique

- Besoin de connaître les sections efficaces induites par neutron dans les noyaux radioactifs
- Données essentielles en astrophysique, pour la production d'énergie ou bien en médecine

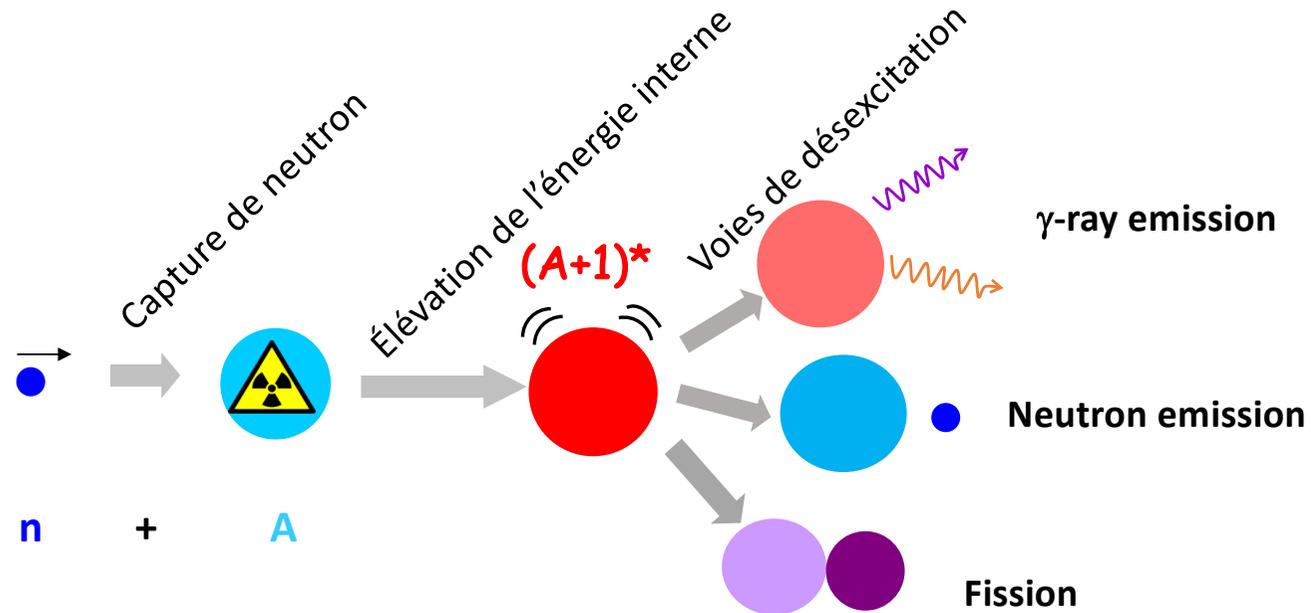
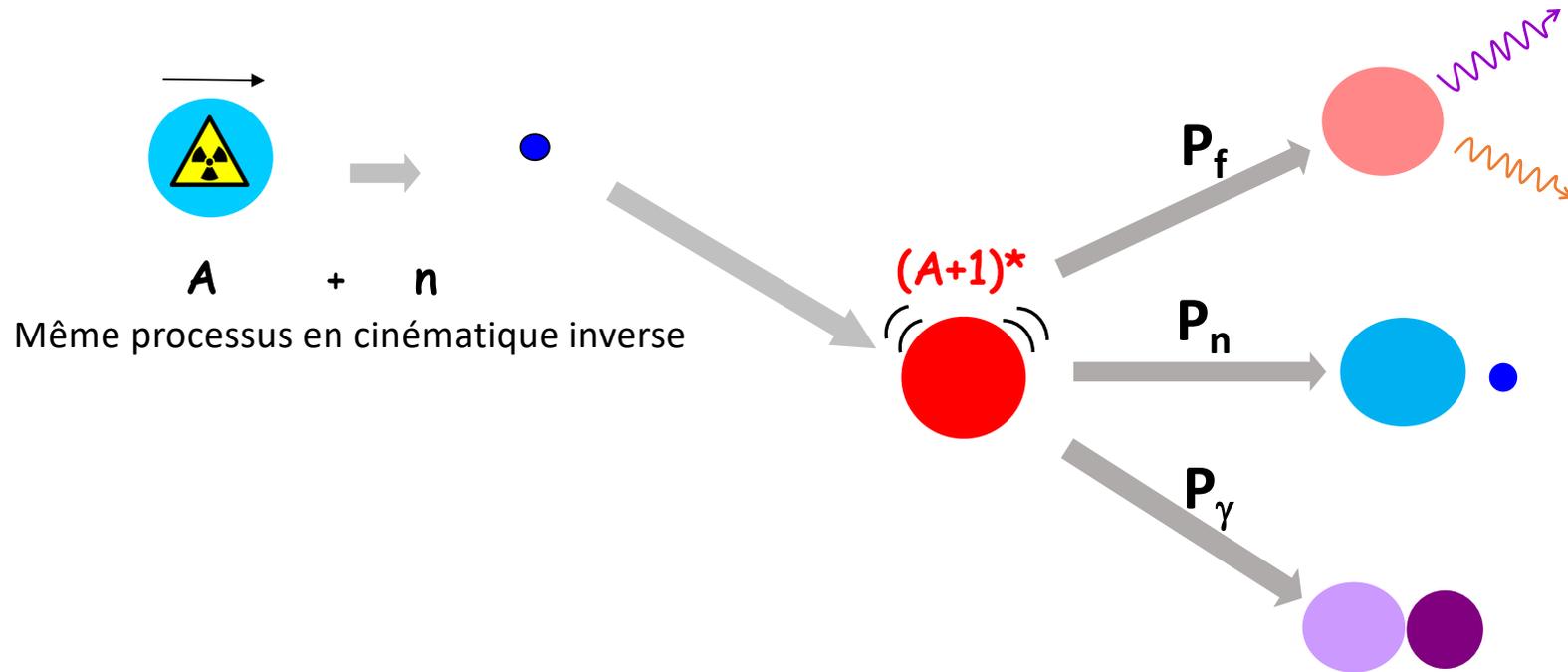


Schéma du processus à étudier

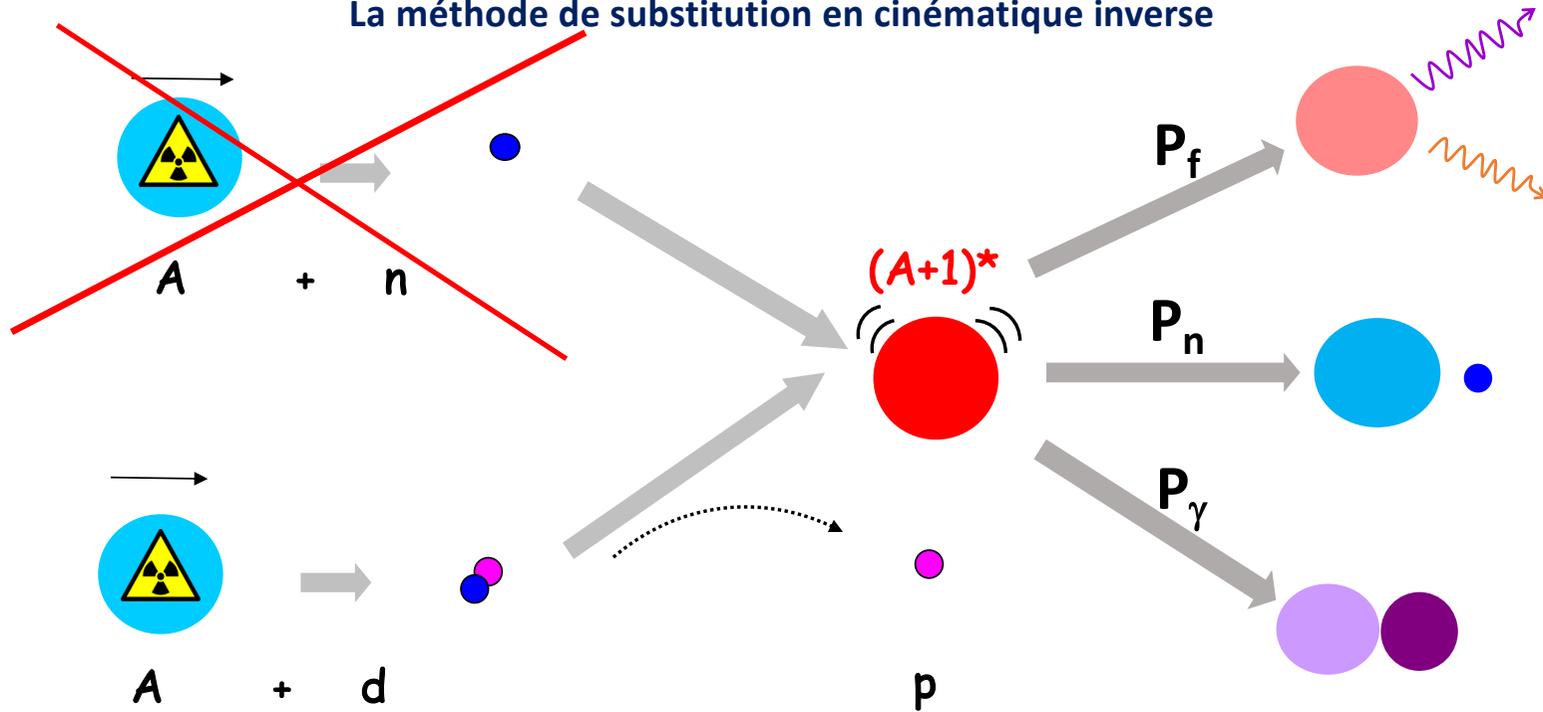
- Très difficile voire impossible à mesurer par des techniques standards en raison de la radioactivité des cibles

Motivation scientifique



Motivation scientifique

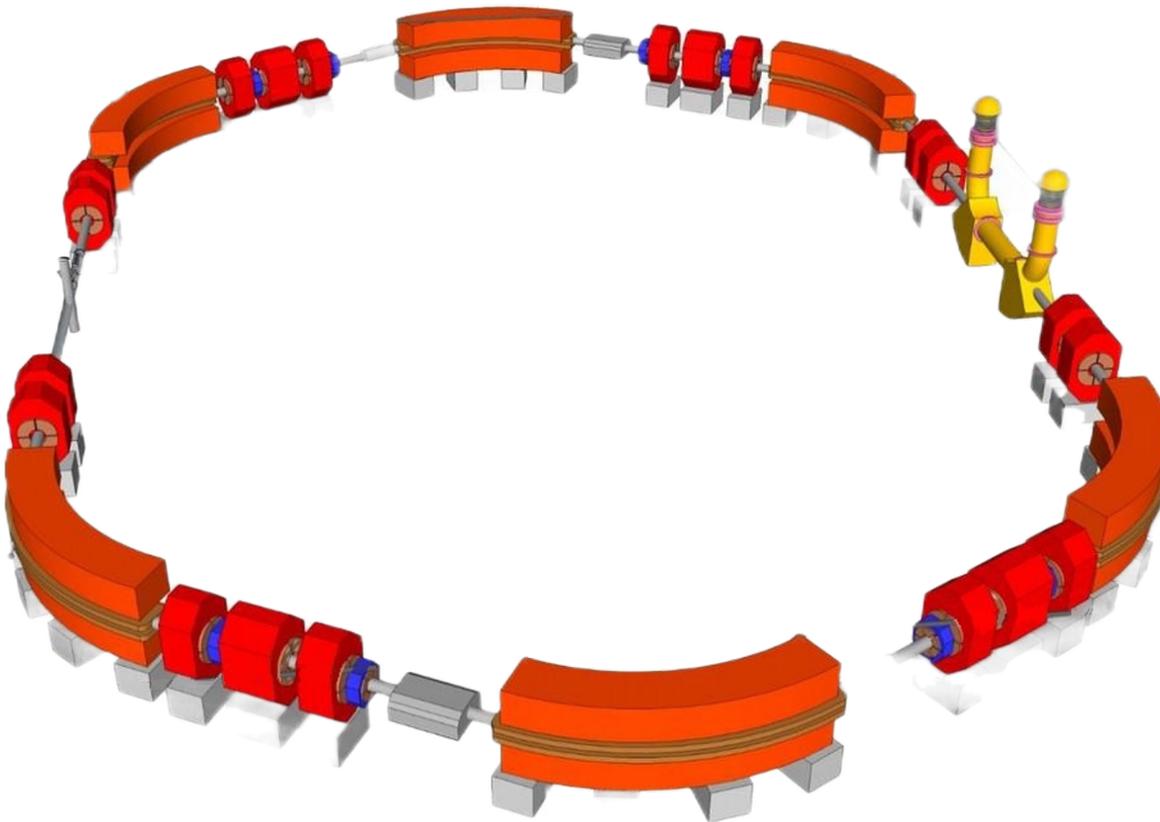
La méthode de substitution en cinématique inverse



Les probabilités de décroissance en fonction l'énergie d'excitation sont de précieux observables pour contraindre les modèles et fournir des prédictions plus précises sur les sections efficaces induites par neutron dans les noyaux très instables

Objectif de Nectar

- Appliquer la méthode de substitution en cinématique inverse pour effectuer la mesure simultanée des probabilité d'émission gamma, neutron et fission
- Fonctions principales Nectar sont de:
 - Provoquer la réaction entre un faisceau d'ions radioactifs et un jet de gaz
 - Détecter les produits de la réaction qui en résultent
 - Extraire les signaux de détection et les convertir en données pour analyse
- Pour faire cela Nectar doit s'insérer sur un anneau de stockage au GSI Darmstadt



Fonctionnement résumé d'un anneau:

- Le faisceau se compose de paquets d'ions périodiquement injectés (bunches)
- A l'injection, la trajectoire du faisceau peut fluctuer et l'émittance augmente
- Pendant cette opération le faisceau ne doit rencontrer aucun obstacle sur son parcours

(rayon de ~ 7 cm autour de l'axe théorique de la trajectoire)

- Les ions circulent dans un vide extrêmement poussé (10^{-11} à 10^{-12} mbar)
- Le jet de gaz (contrôlé par GSI) est établi
- La prise de mesure est effectuée sur un temps équivalent à la durée de vie des ions
- Le faisceau est régénéré après réinjection

Objectif de Nectar

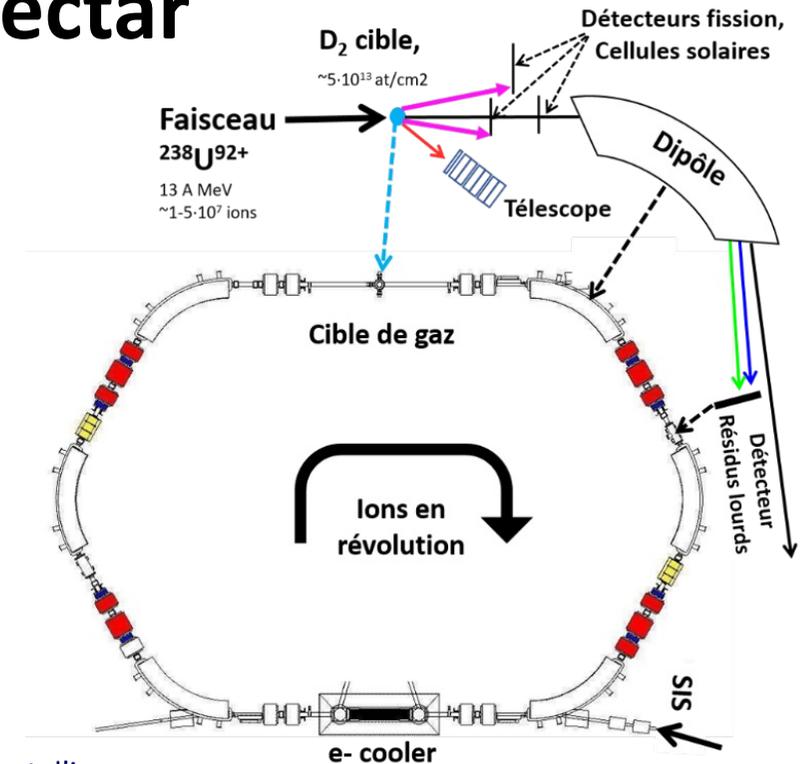
- Appliquer la méthode de substitution en cinématique inverse pour effectuer la mesure simultanée des probabilité d'émission gamma, neutron et fission
- Fonctions principales Nectar sont de:
 - Provoquer la réaction entre un faisceau d'ions radioactifs et un jet de gaz
 - Détecter les produits de la réaction qui en résultent
 - Extraire les signaux de détection et les convertir en données pour analyse
- Pour faire cela Nectar doit s'insérer sur un anneau de stockage au GSI Darmstadt



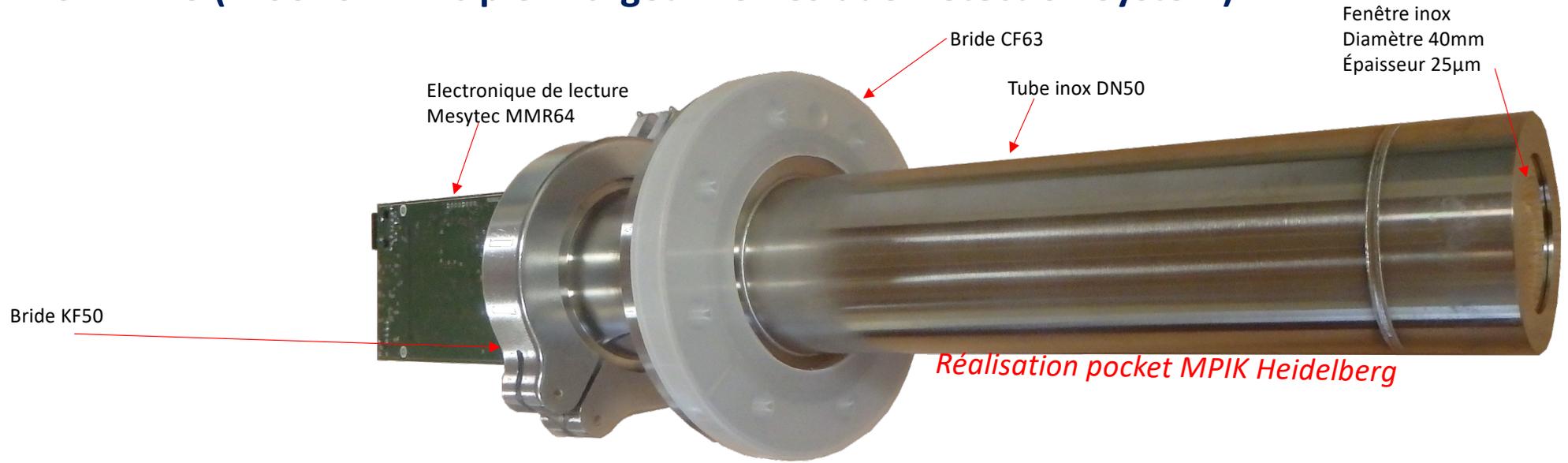
- Initialement prévu auprès de Cryring (Angle solide pour la détection de résidus de la cible 40 fois plus grand qu'à l'ESR)
- Mais perte d'intensité énorme entre l'ESR et le CRYRING. Optimisation de transmission impossible avant fin 2025 en raison des crises sanitaire et énergétique (**pas de temps de faisceau en 2023!**).
- **On peut néanmoins remplir les objectifs de NECTAR auprès de l'ESR!**

Composition de Nectar

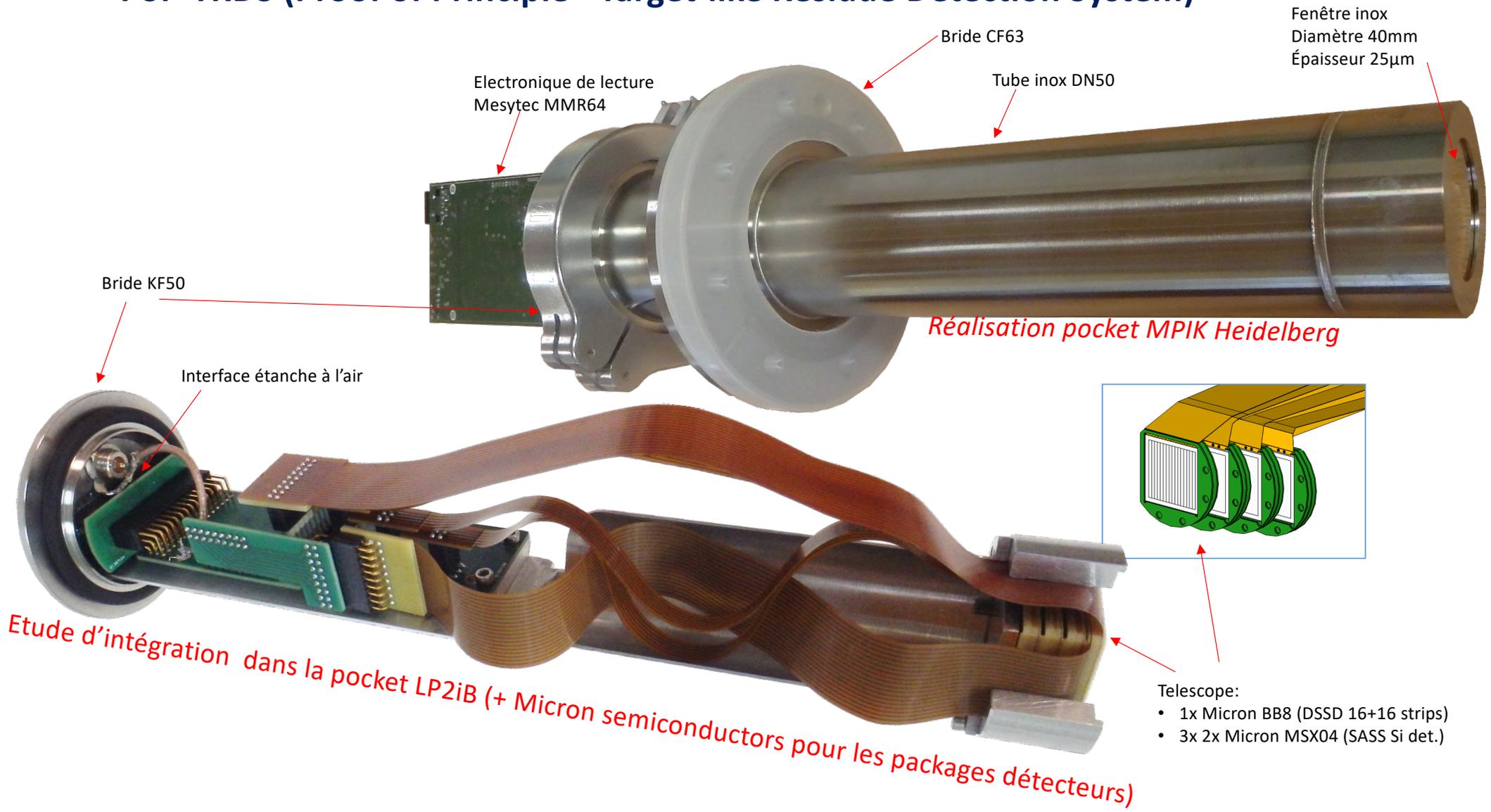
- Nectar se compose de 2 chambres directement insérées sur l'anneau
- 3 systèmes de détection sont associés à ces chambres:
 - Un système de détection des résidus de la cible (TRDS)
 - Un système de détection des fragments de fission (FFDS)
 - Un système de détection des résidus lourds (HRDS)
- Chacun des 3 systèmes, quelle que soit leur composition:
 - Ne doit pas dégrader l'ultra-vide
 - Doit pouvoir être mobile pour protéger les détecteur au moment de l'injection d'un paquet d'ions
- Nectar doit intégrer son propre système de contrôle commande (CCS) interfaçable avec celui de l'anneau
- Enfin pour pouvoir extraire les données d'étude de réactions Nectar doit intégrer son propre système d'acquisition (DAQ)



PoP-TRDS (Proof of Principle - Target-like Residue Detection System)

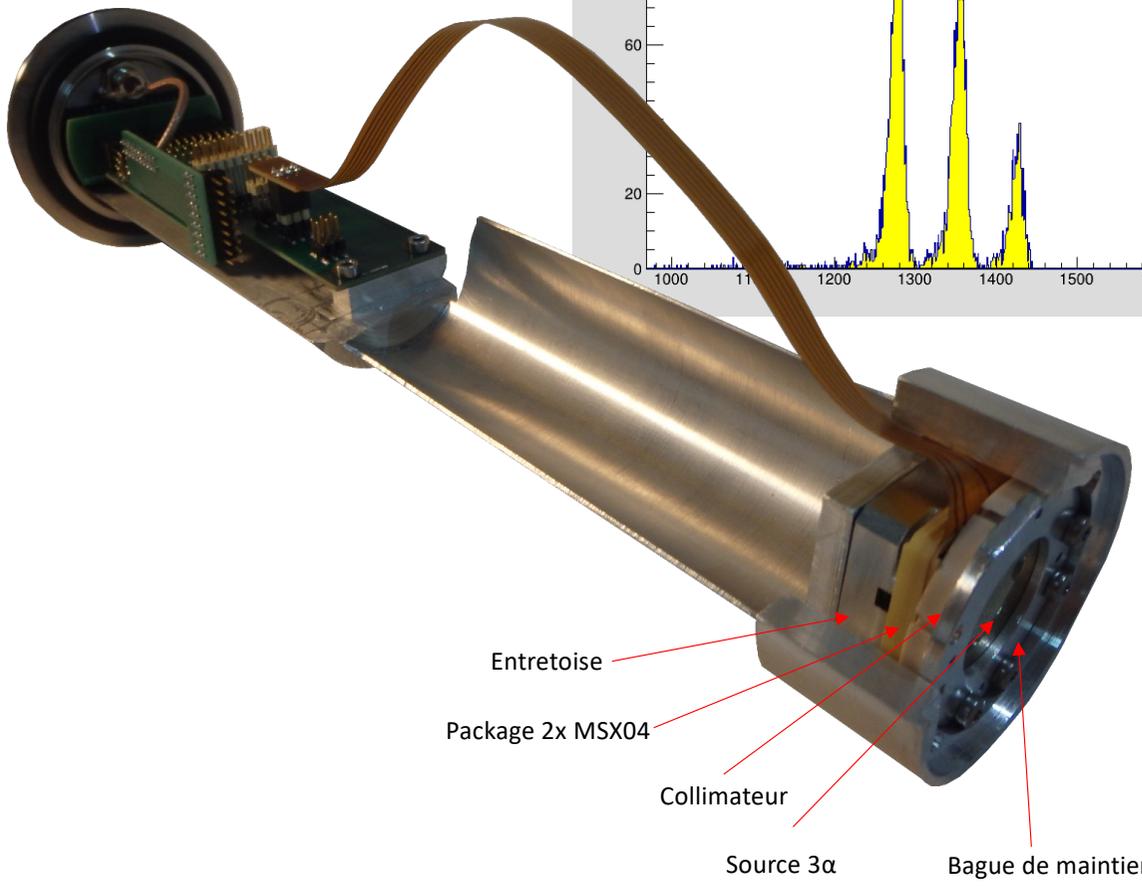
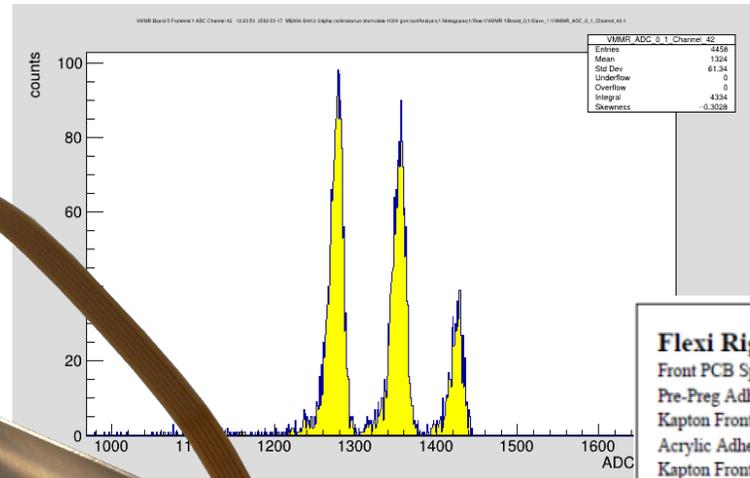


PoP-TRDS (Proof of Principle - Target-like Residue Detection System)



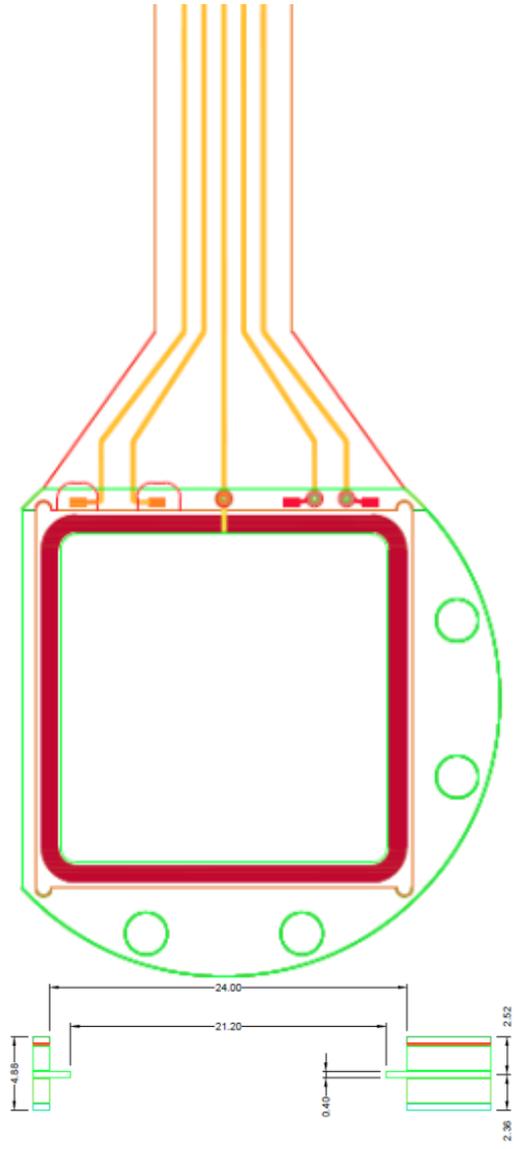
Micron MSX04 package and tests

Résolution 70 keV FWHM

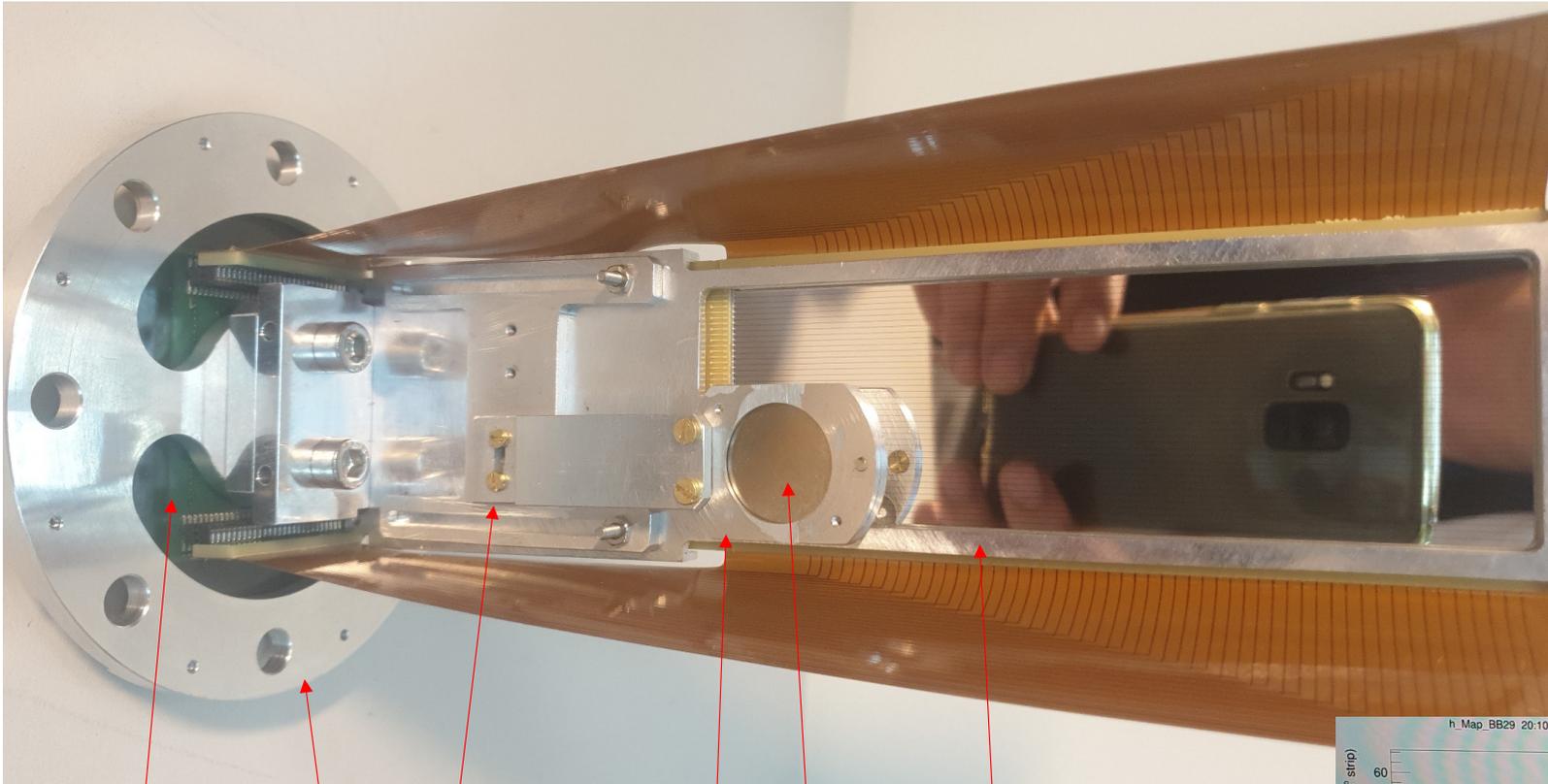


Flexi Rigid Build

Front PCB Spacer (Standard FR4)	400 um
Pre-Preg Adhesive	50 um
Kapton Front Coverlay LF0110	25 um
Acrylic Adhesive	25 um
Kapton Front ENIG Tracking	
Kapton Front RA Cu Tracking	18 um
Kapton AP8515R	25 um
Kapton Rear RA Cu Tracking	18 um
Pre-Preg	50 um
Front PCB Front Cu Tracking	18 um
Front PCB (Standard FR4)	1600 um
Front PCB Rear Cu Tracking	18 um
Front PCB Rear ENIG Tracking	
Pre-Preg	50 um
PCB Front ENIG Tracking	
PCB Front Cu Tracking	25 um
PCB (Standard FR4)	400 um
PCB Rear Cu Tracking	25 um
PCB Rear ENIG Tracking	
Pre-Preg	50 um
Rear PCB Front Cu Tracking	18 um
Rear PCB	1600 um
Rear PCB Rear Cu Tracking	18 um
Rear PCB Rear ENIG Tracking	
Pre-Preg	50 um
Rear PCB Spacer	400 um



BB29 config test



Interface vers Front-end elec
(gamme 15MeV)

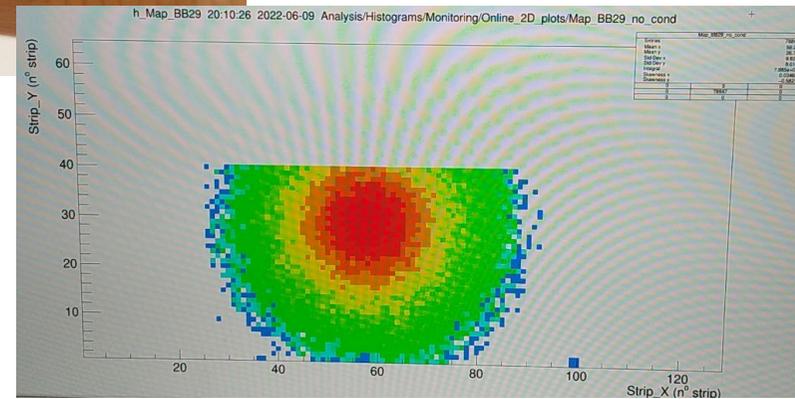
Dispositif de positionnement
de la source

Bride « mince » en aluminium

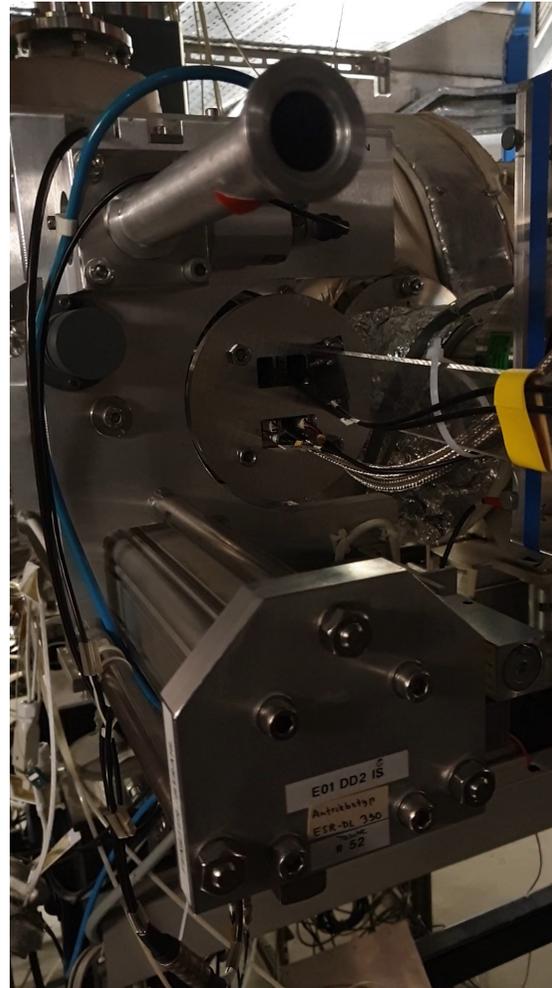
Support de
source

Source 3α

Tête support aluminium



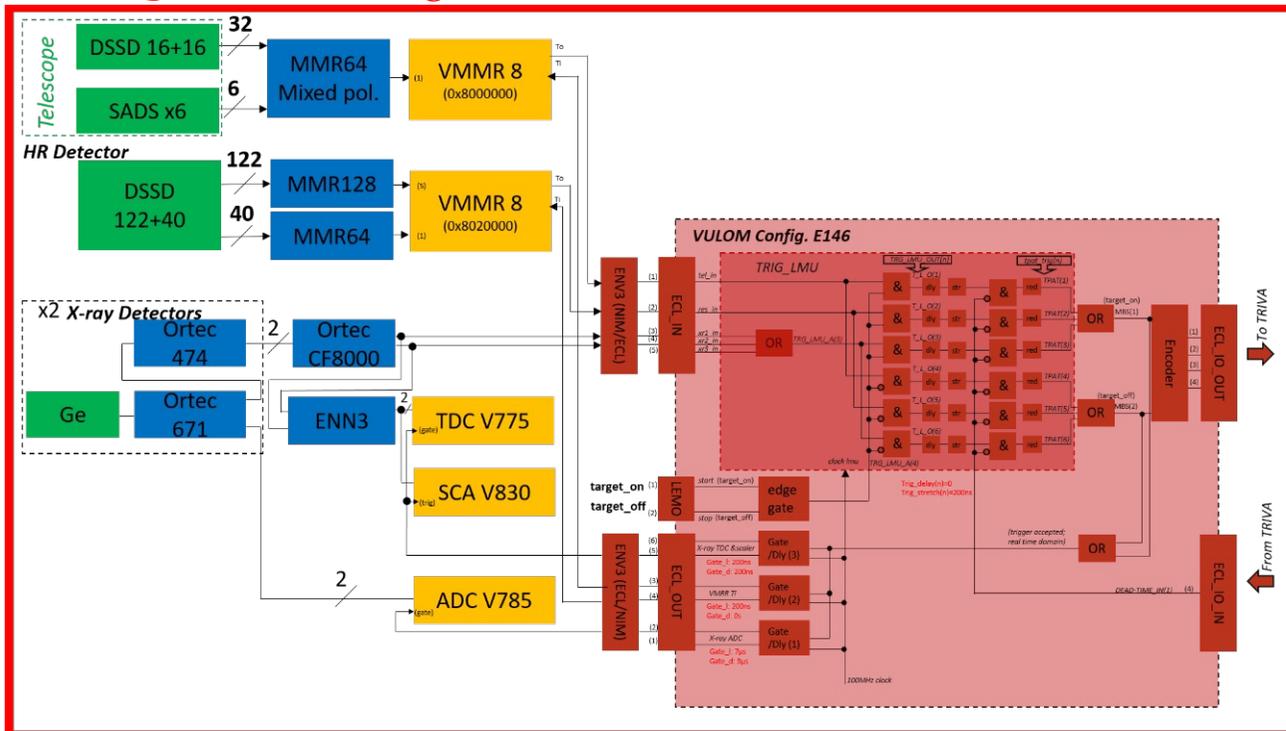
PoP-HRDS intégré sur l'ESR



PoP-DAQ (Proof of Principle – Data Acquisition system)

- Electronique de lecture: Solution commerciale MMR Mesytec (contraintes encombrement + temps de dev.)
- Architecture front-end modulaire, back-end orienté VME (taux d'événements faible) ; éprouvée pour la lecture de détecteur Si
- Hardware complété par « standards » acquisition GSI :
 - Module TRIVA pour trigger et synchro multidétecteurs
 - Module VULOM logique de trigger (firmware générique développé par GSI)
- Driver Mesytec MMR développé par GSI pour MBS
- Traitement des données par logiciel Go-4/Nectar développé par GSI

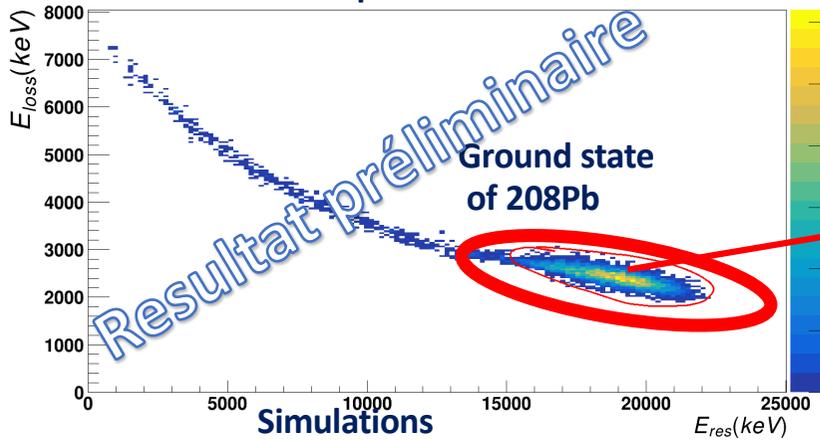
PoP-DAQ Functional diagram



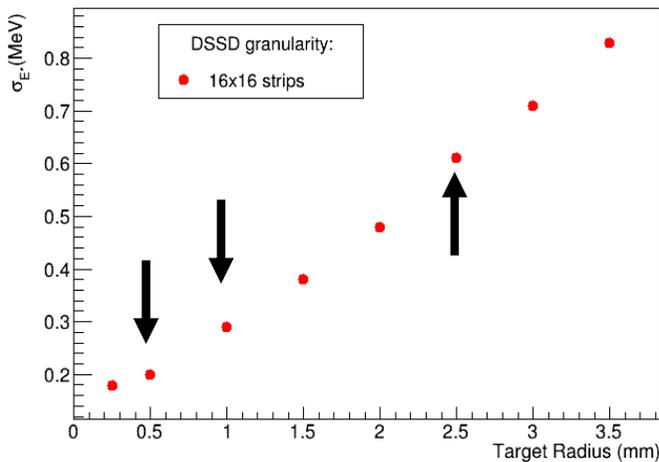
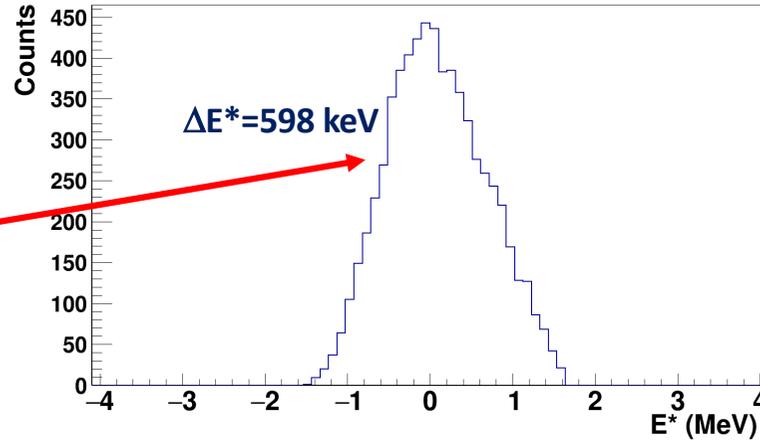
Résultats Scientifiques et techniques

PhD Thesis of Michele Sguazzin

Detected protons



Excitation energy resolution



$\Delta E^* \approx 600 \text{ keV}$, dominated by the angular uncertainty due to target radius of 2.5 mm.

With target radius 0.5 -1.5 mm $\rightarrow \Delta E^* = 200\text{-}300 \text{ keV!}$

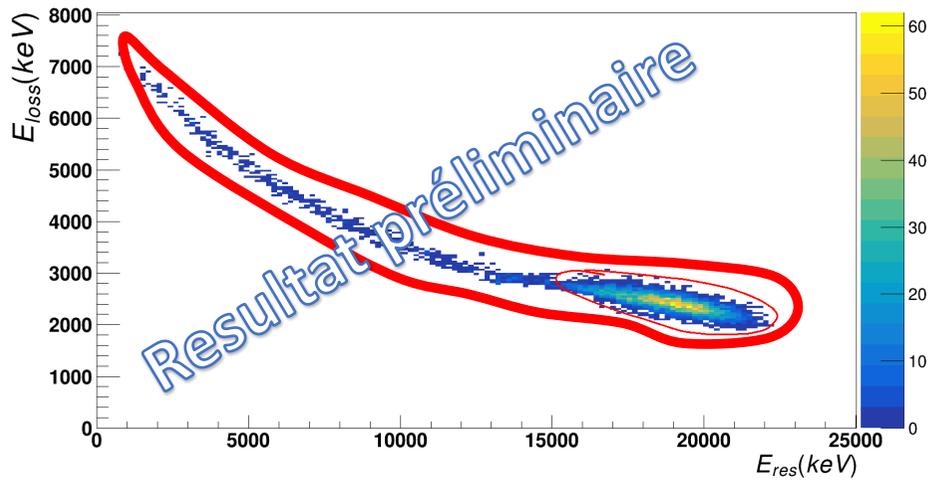
⇒ Validation de principe détecteurs Si épais pour telescope

⇒ Validation de principe électronique de lecture

Résultats Scientifiques et techniques

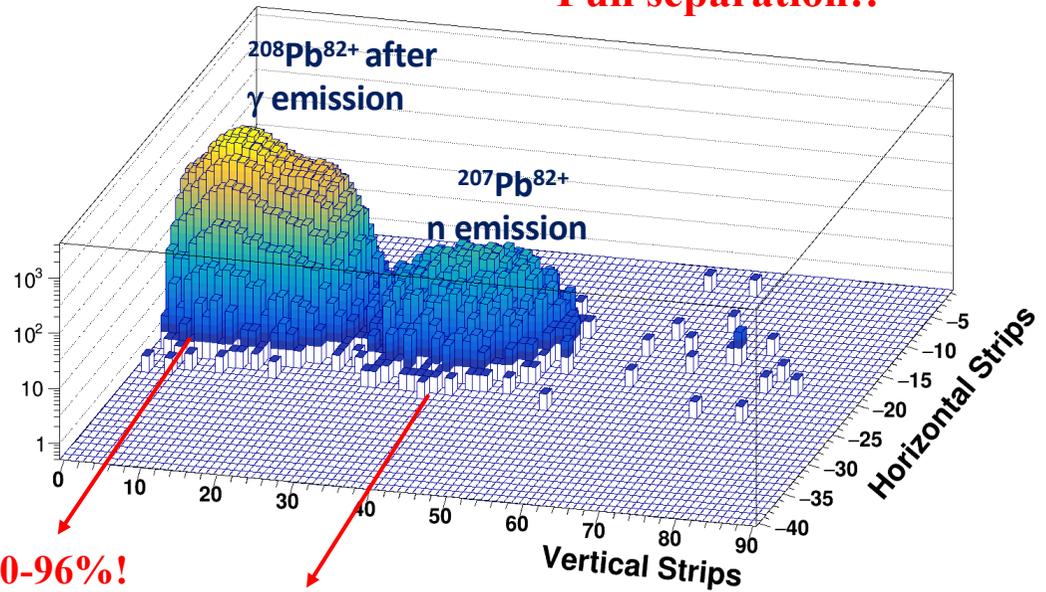
PhD Thesis of Michele Sguazzin

Detected protons



Position of detected beam residues
in coincidence with protons

Full separation!!



Efficiency 70-96%!

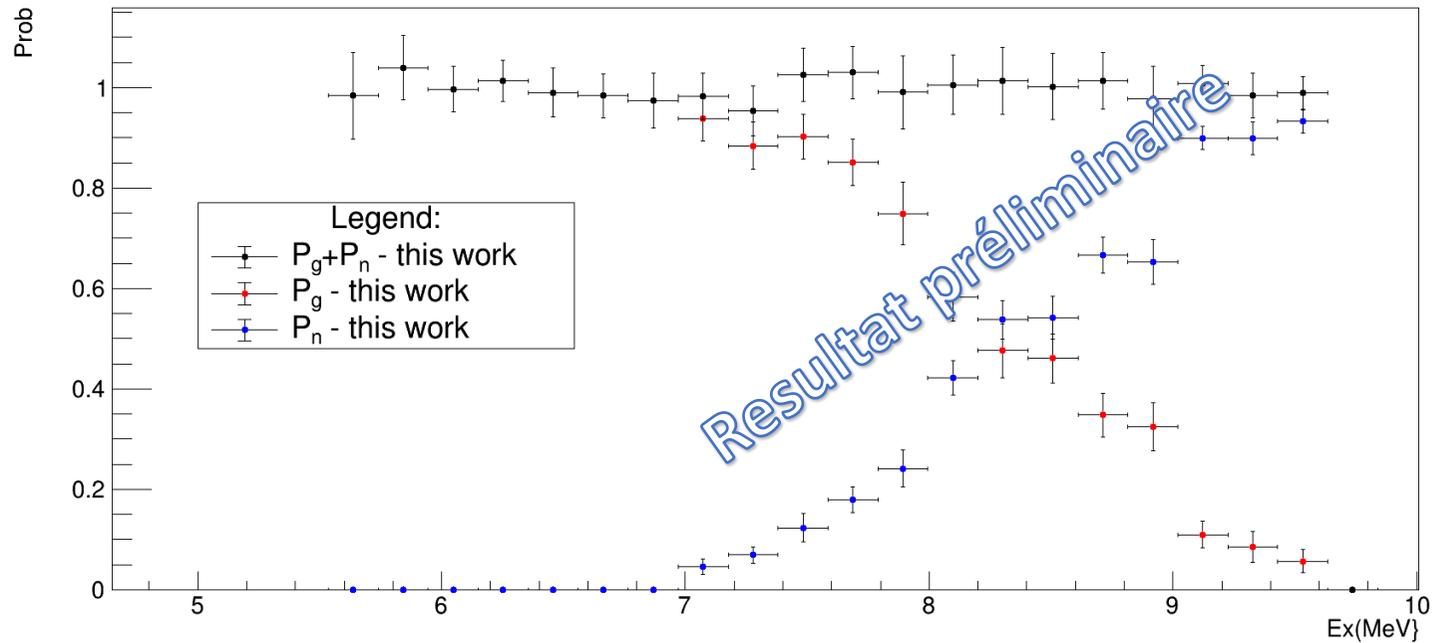
Efficiency 100%!

⇒ Validation HRDS

Résultats Scientifiques

Gamma & neutron probabilities

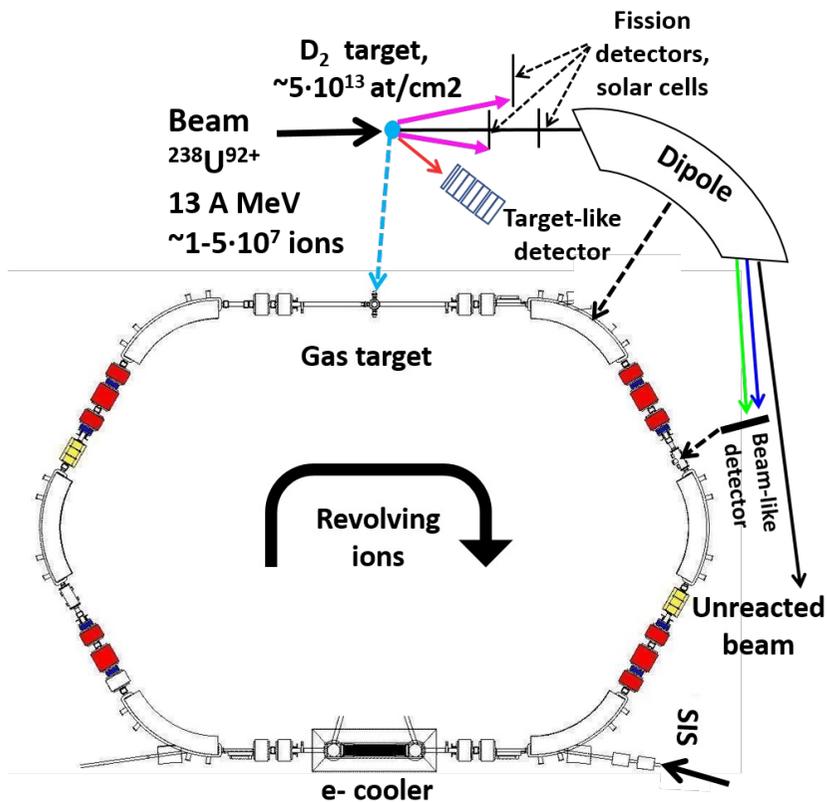
^{208}Pb - decay probabilities



This experiment will not only provide technical results, but also scientific results!

PhD Thesis of Michele Sguazzin

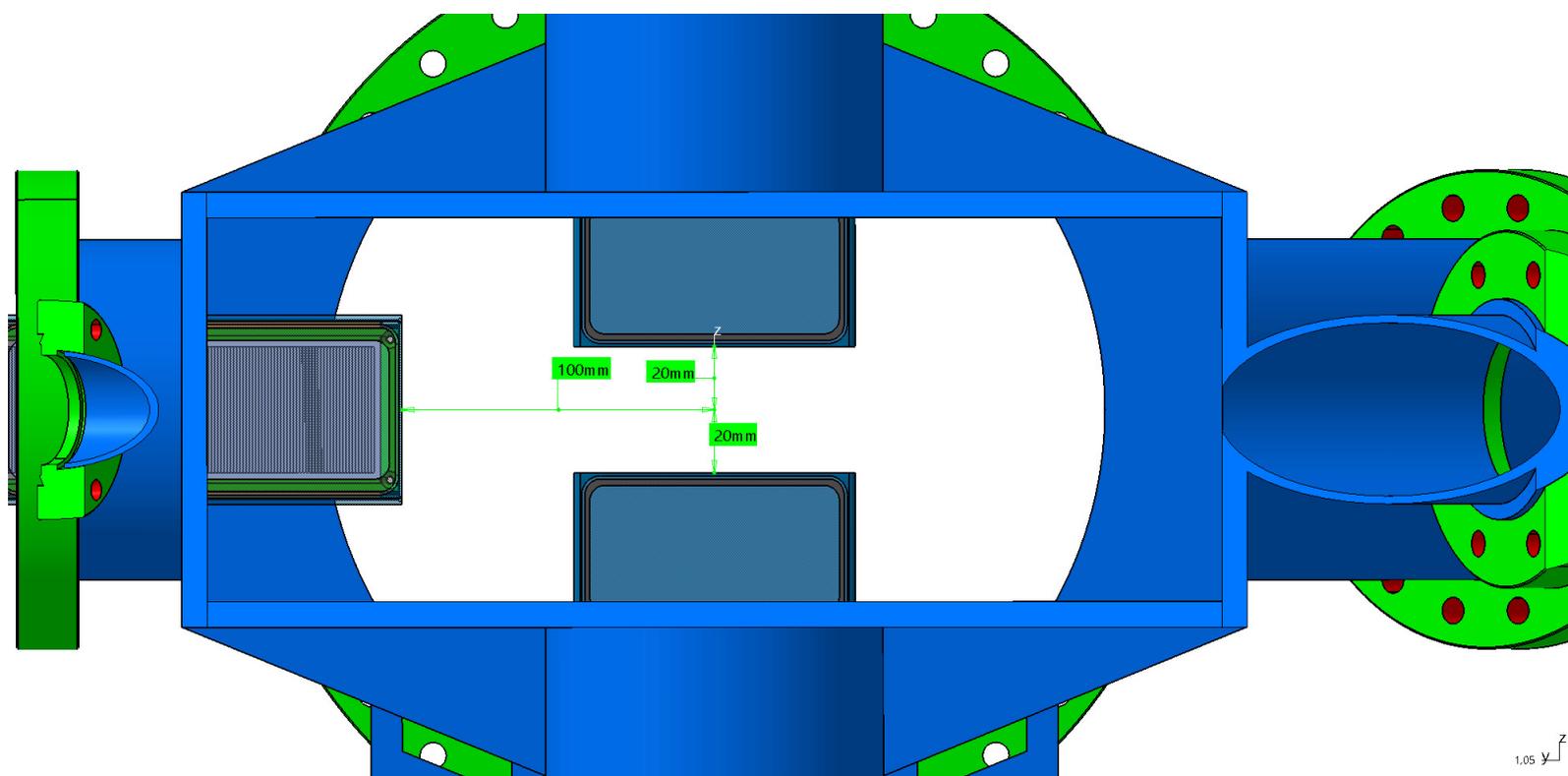
Prochaine experience en 2024



- Ajout de détecteurs de fission (Grande première sur l'anneau!)
- Objectif: Démontrer que l'on peut mesurer simultanément les probabilités P_f , P_γ and P_n
- Expérience acceptée pour 2024 (taux de succès d'environ 10% sur les propositions d'expérience)
- Au delà de 2024, l'objectif est de produire une chambre à réaction dédiée, afin d'augmenter l'efficacité de détection des résidus de la cible et des fragments de fission

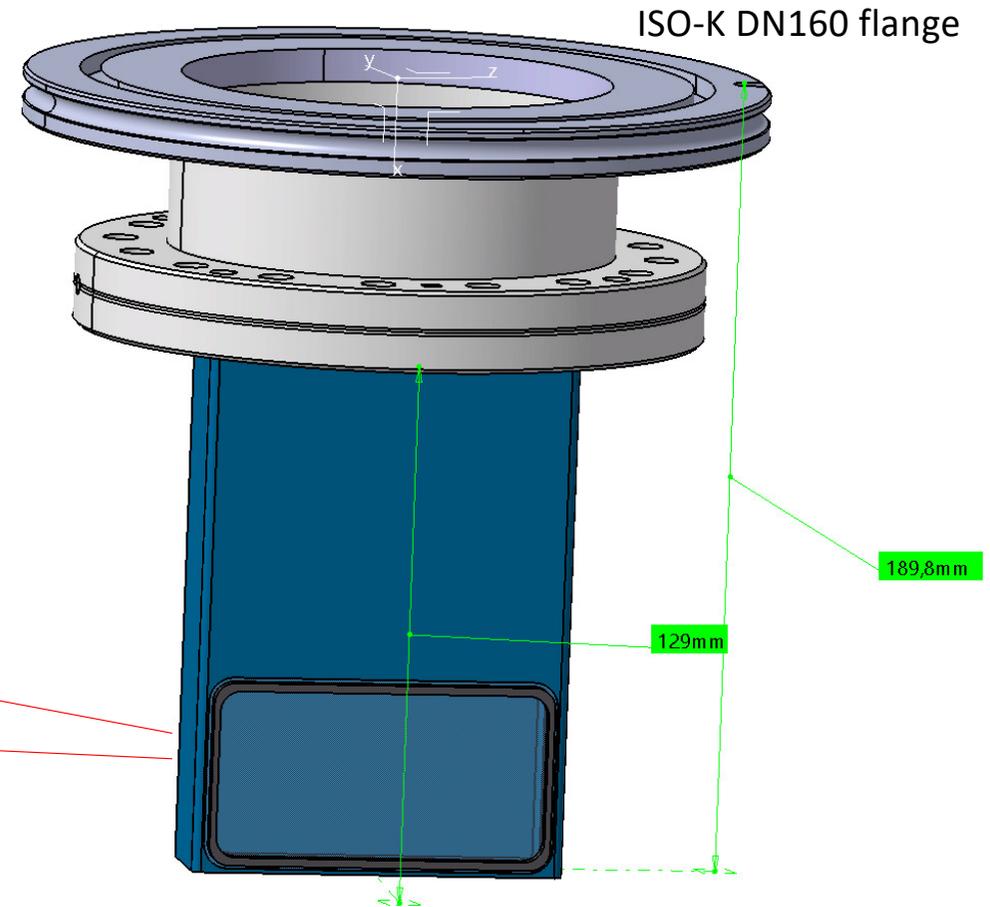
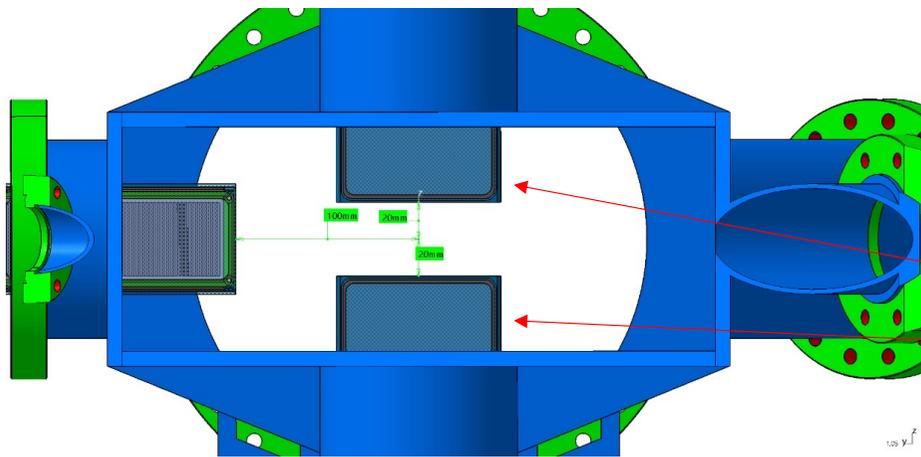
PoP-FFDS (Proof of Principle – Fission Fragments Detection Systems)

- 3 ensembles montés sur la chambre à réaction actuelle
- Détecteurs montés dans des pockets



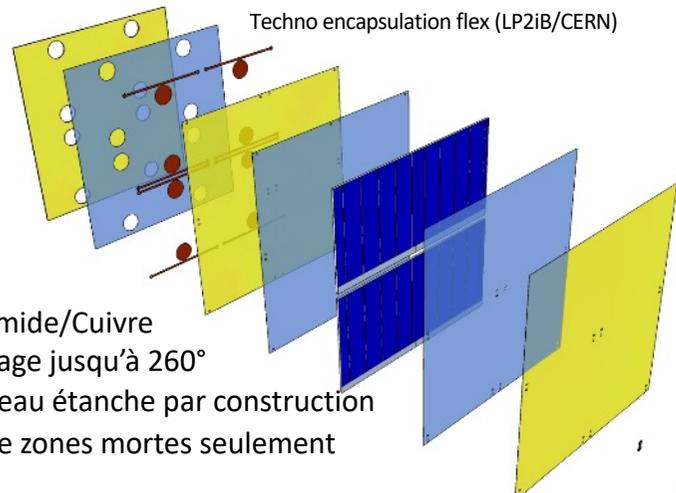
PoP-FFDS (Proof of Principle – Fission Fragments Detection Systems)

- 3 ensembles montés sur la chambre à réaction actuelle
- Détecteurs montés dans des pockets
- Nouvelle pocket:
 - Design préliminaire Sean Perard
 - Fabrication MPIK Heidelberg

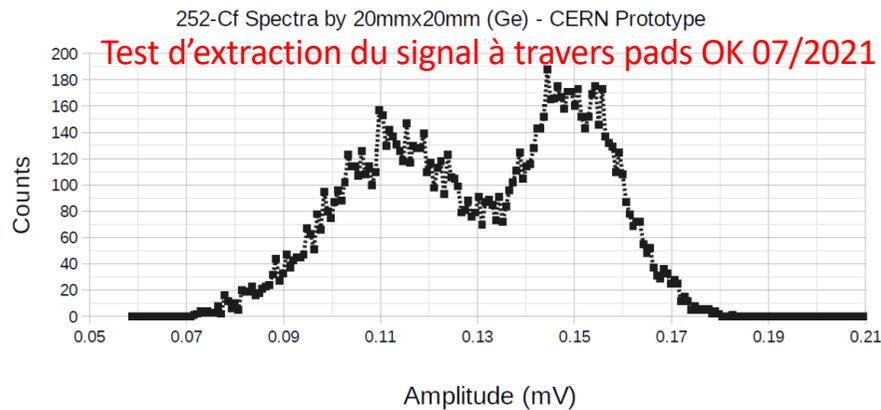


PoP-FFDS (Proof of Principle – Fission Fragments Detection Systems)

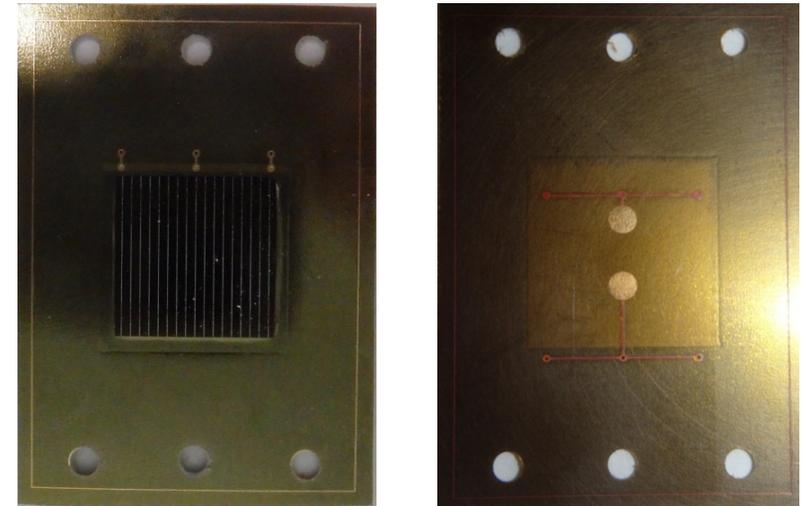
- Prototype de détecteur à base de cellules photovoltaïques
- Techno d'encapsulation flex à présent validée



- Polyimide/Cuivre
- Etuvage jusqu'à 260°
- Panneau étanche par construction
- 5% de zones mortes seulement



Cellules encapsulées (épaisseur totale 420µm)



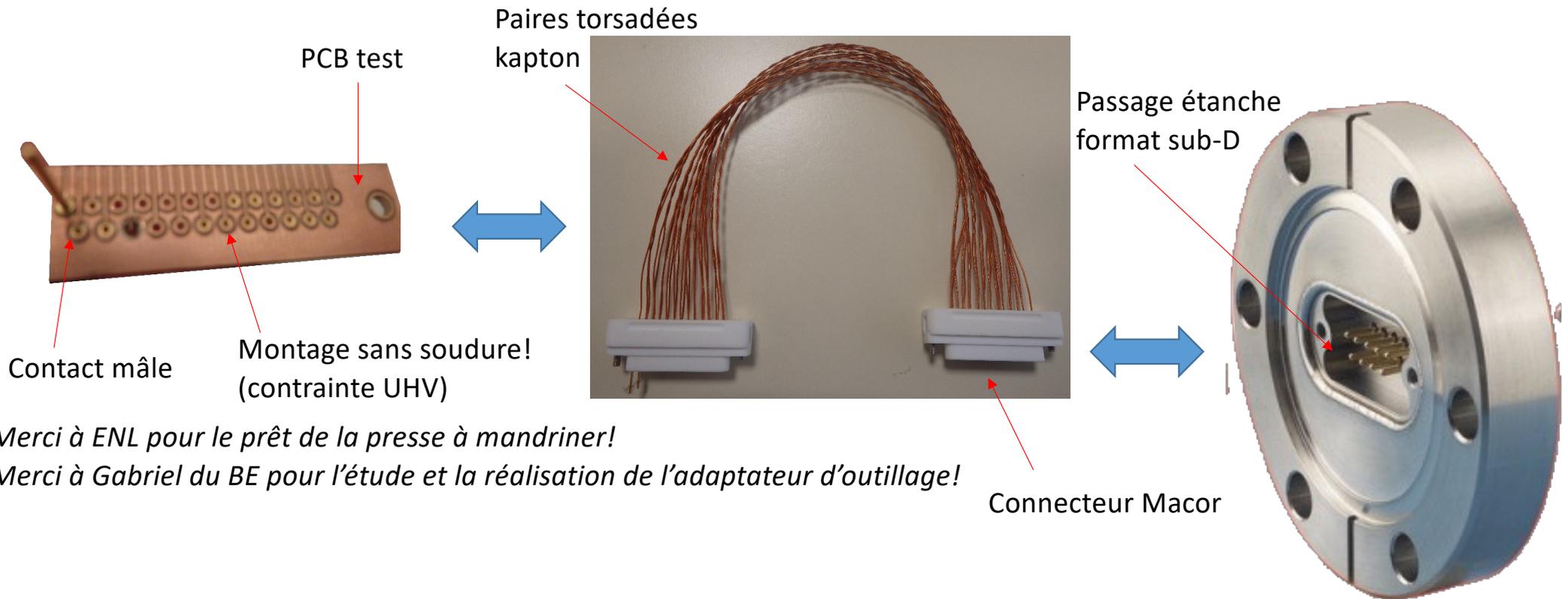
Test de dégazage sous TREVO OK 08/2022

Prototype outgassing rate: $(5, 15 \pm 2, 26) \cdot 10^{-13} \frac{\text{mbar} \cdot \text{l}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2}$

Mesures par Michele Sguazzin & al.

PoP-FFDS (Proof of Principle – Fission Fragments Detection Systems)

- **Solution d'extraction signaux par connecteur + câble en cours de test**



Merci à ENL pour le prêt de la presse à mandriner!

Merci à Gabriel du BE pour l'étude et la réalisation de l'adaptateur d'outillage!

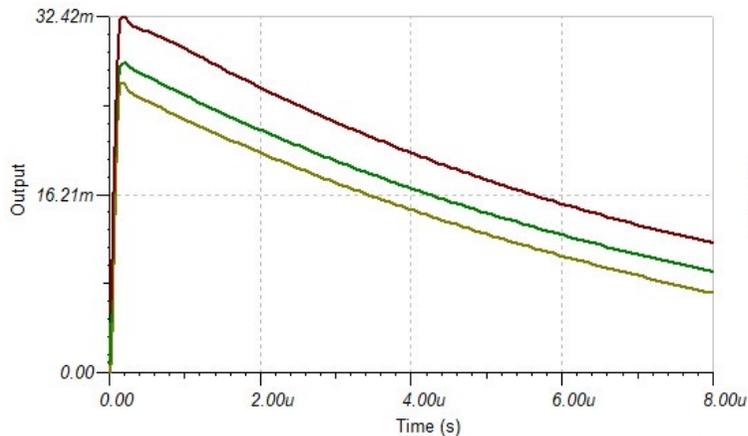
- Test matériau compatible UHV sous Trevo à suivre
- Test de compatibilité electro-mécanique à suivre également

PoP-FFDS (Proof of Principle – Fission Fragments Detection Systems)

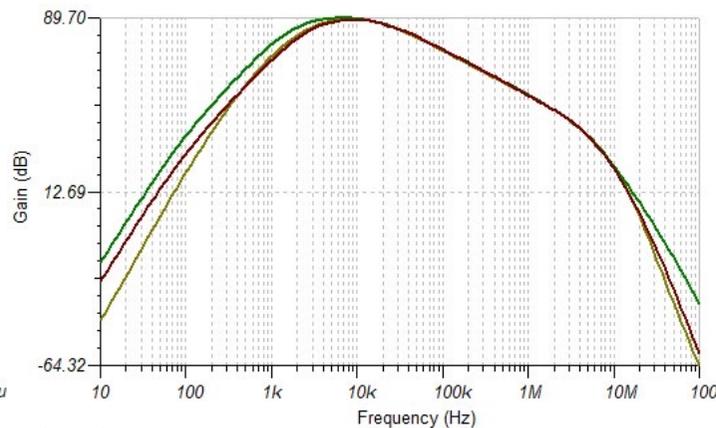
- **Lecture signaux et conversion**

- Etude préampli de lecture terminée

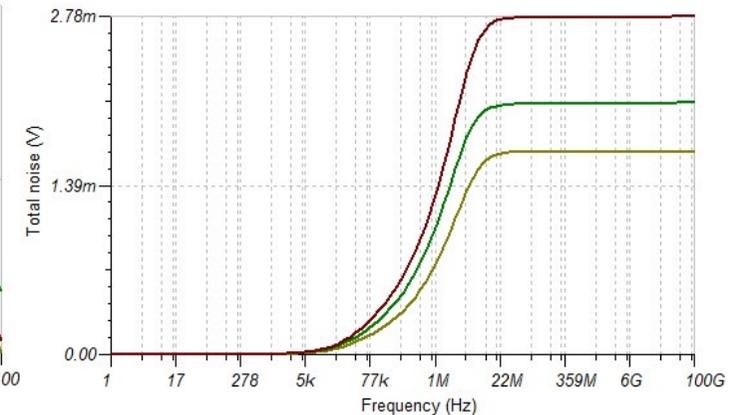
Réponse temporelle



Réponse en fréquence



Bruit RMS



En jaune réponses du préampli « historique »

En rouge réponses du préampli « rénové » v1

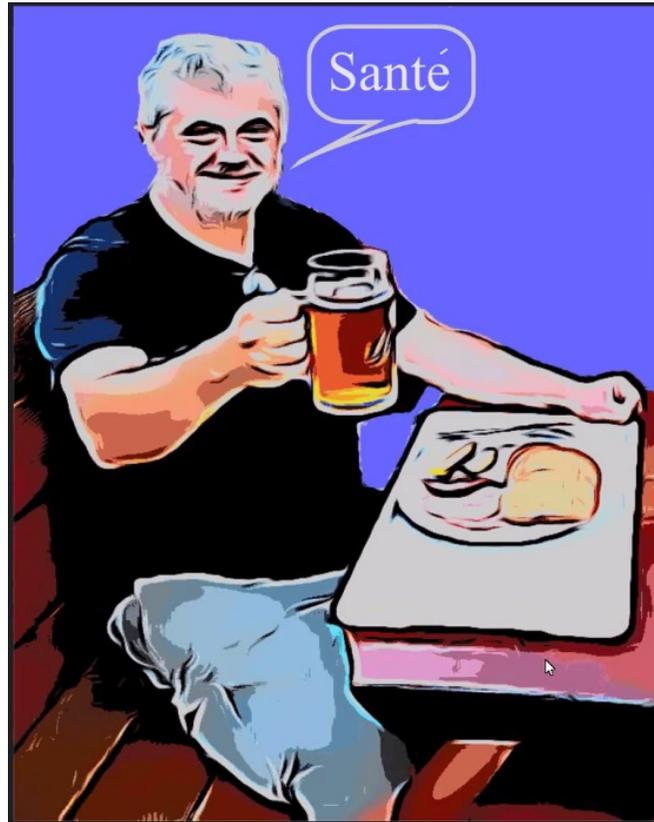
En vert réponses du préampli « rénové » v2 (réduction conso)

- Conversion avec échantillonneur Mesytec MDPP32 (driver MBS déjà développé)

Merci pour votre attention jusqu'au bout!

Merci pour votre attention jusqu'au bout!

Je crois que c'est l'heure...



Courtoisie Manfred Grieser @MPIK