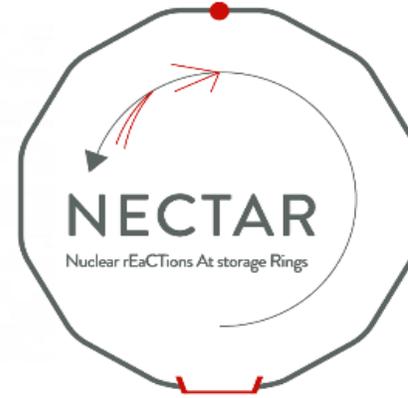




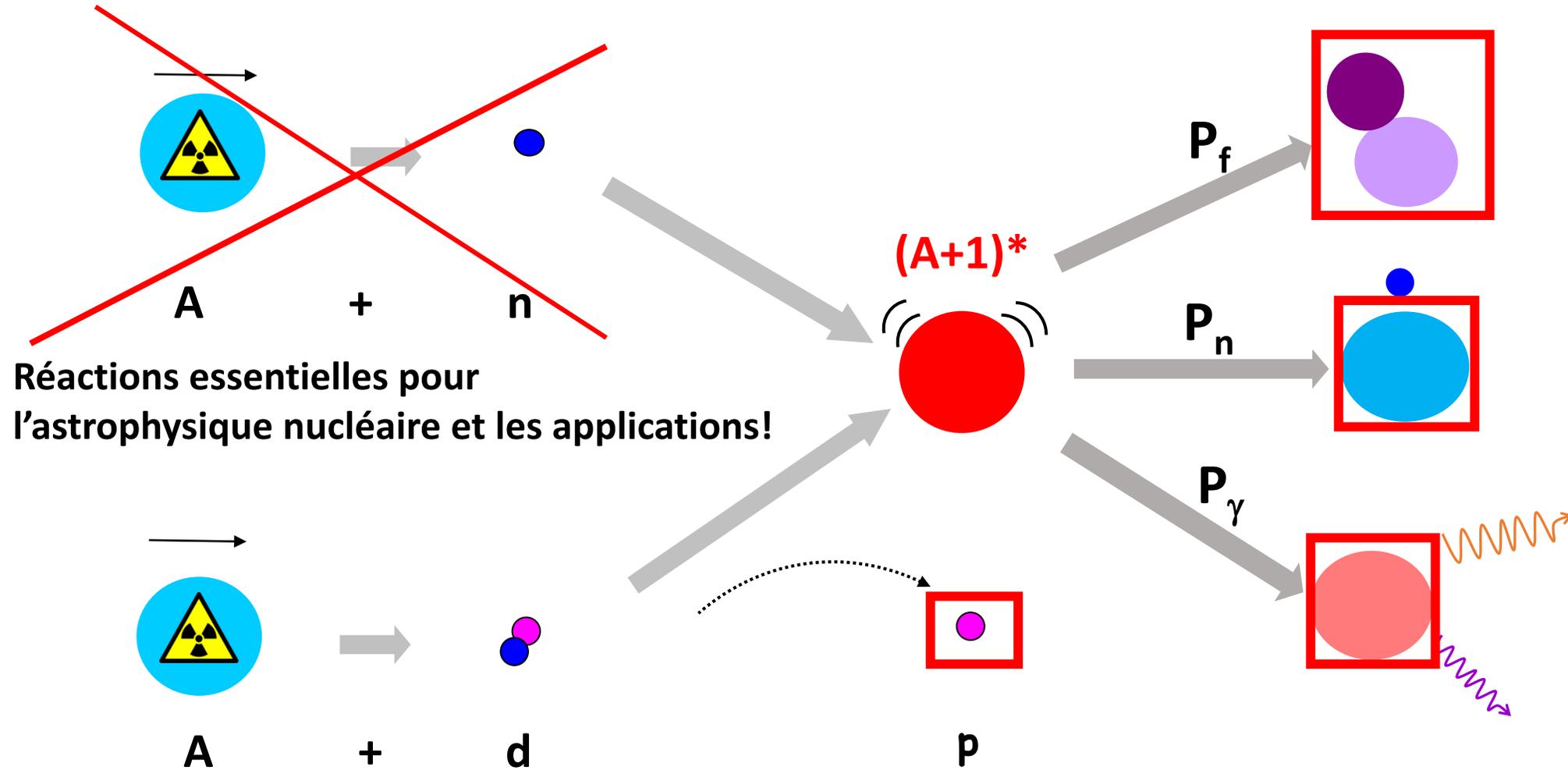
European Research Council  
Established by the European Commission



# NECTAR: Nuclear rEaCTions At storage Rings

Jerome Pibernat et Beatriz Jurado

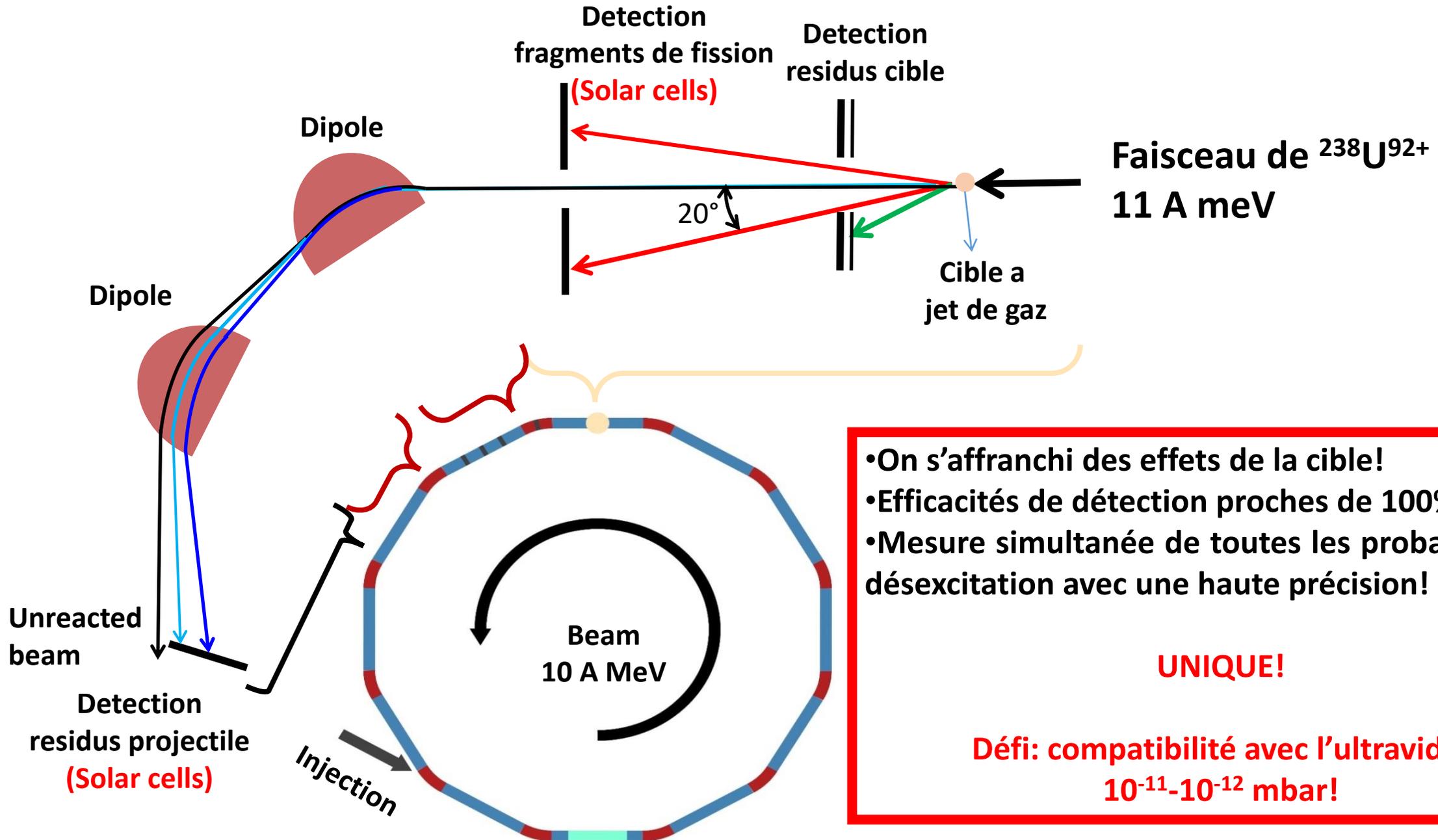
# Motivation scientifique



Réactions essentielles pour  
l'astrophysique nucléaire et les applications!

Besoin de mesurer avec grande précision les probabilités de désexcitation en fonction de l'énergie interne du noyau  $(A+1)^*$ !

# Dispositif expérimental auprès du CRYRING, GSI/FAIR, Allemagne

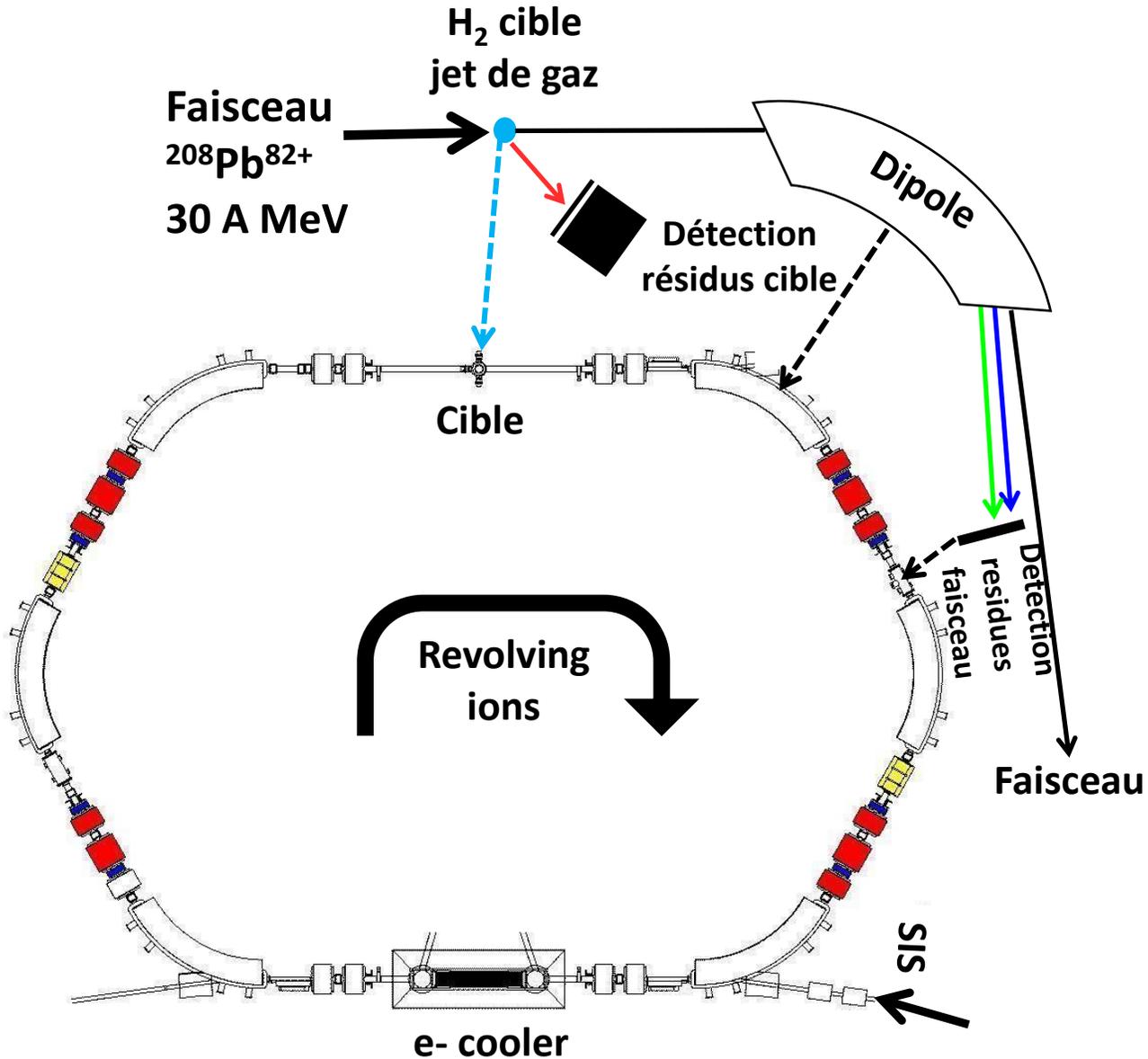


• On s'affranchi des effets de la cible!  
• Efficacités de détection proches de 100%!  
• Mesure simultanée de toutes les probabilités de désexcitation avec une haute précision!

**UNIQUE!**

**Défi: compatibilité avec l'ultravide,  $10^{-11}$ - $10^{-12}$  mbar!**

# Experience “proof of principle”, Juin 2022

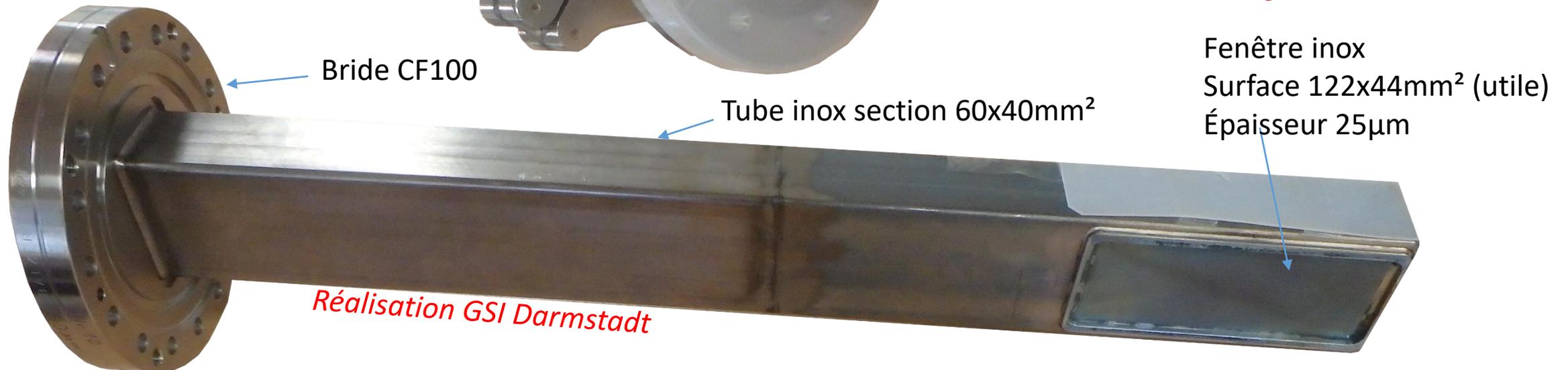
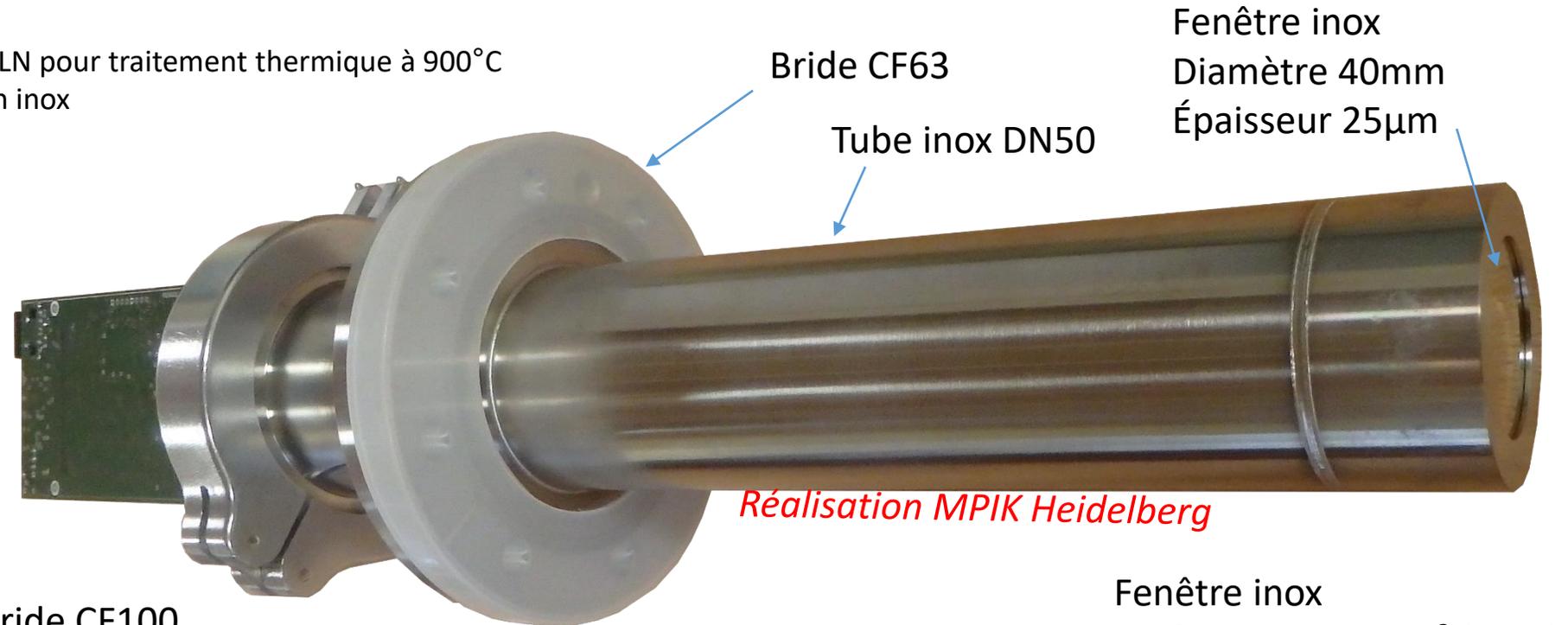


- Test systèmes détection, électronique et acquisition.
- Etude de la résolution en énergie d'excitation.
- Etude de la transmission et séparation des résidus du faisceau.
- Mesure de probabilités de désexcitation du  $^{208}\text{Pb}$ .

## Les "pockets"

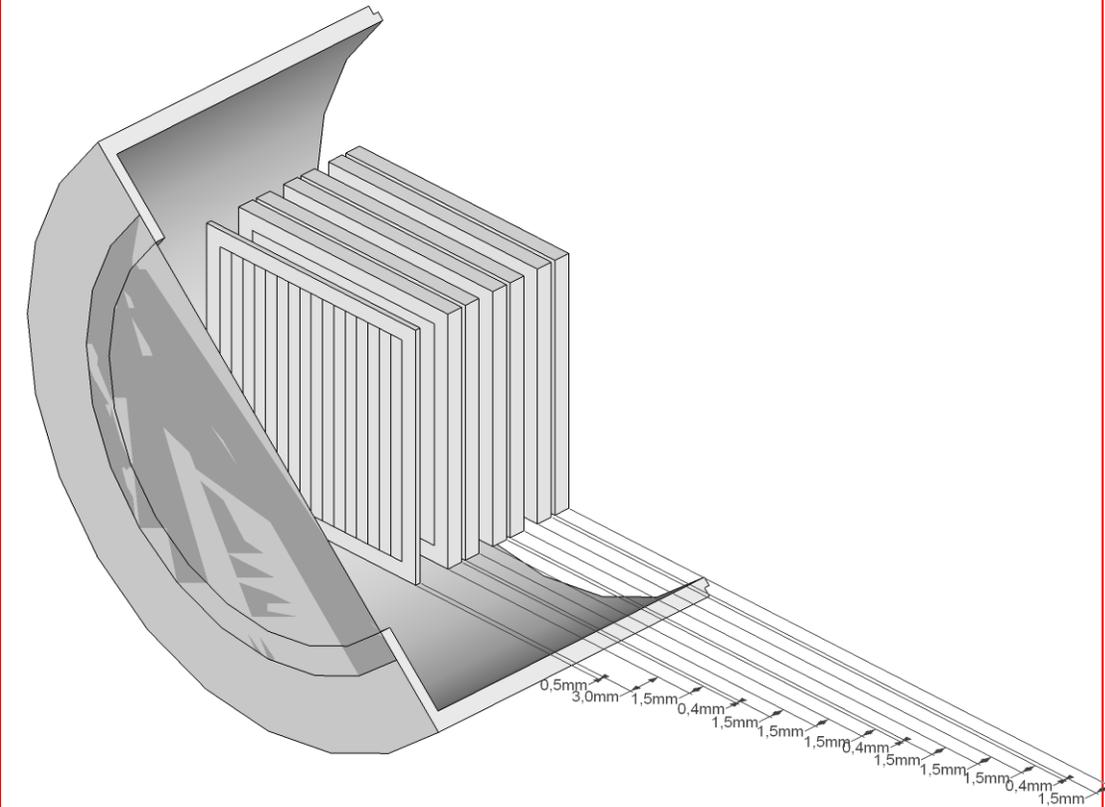
- Enceintes inox permettant de réserver un volume de chambre sous ultra-vide, à l'introduction de détecteurs (concept GSI)
- Composition générale:

- Bride CF
- Tubes soudés inox 316L/LN pour traitement thermique à 900°C
- Fenêtre mince (25µm) en inox
- Assemblage soudé

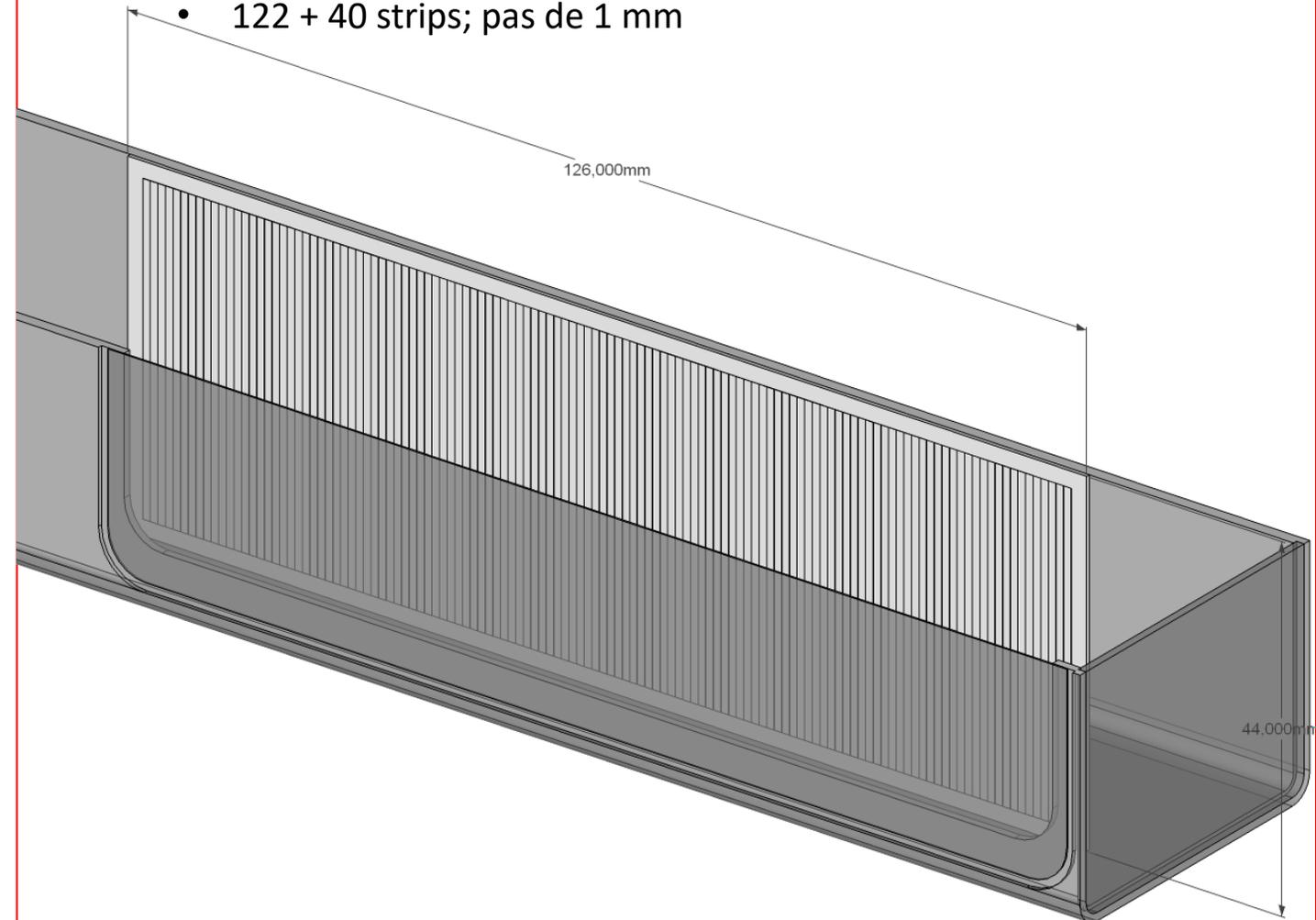


# Les détecteurs

- Un télescope (E/ $\Delta E$ ) pour la détection de protons
  - $\Delta E$ : Détecteur Si strips double face
    - Au catalogue Micron Semiconductors (BB8 )
    - Épaisseur 0,5 mm
    - Surface sensible 20x20 mm<sup>2</sup>
    - 16 + 16 strips; pas de 1,25 mm
  - E: 6 Détecteurs Si « single area »
    - Au catalogue Micron Semiconductors (MSX04)
    - Épaisseur 1,5 mm
    - Surface 20x20 mm<sup>2</sup>



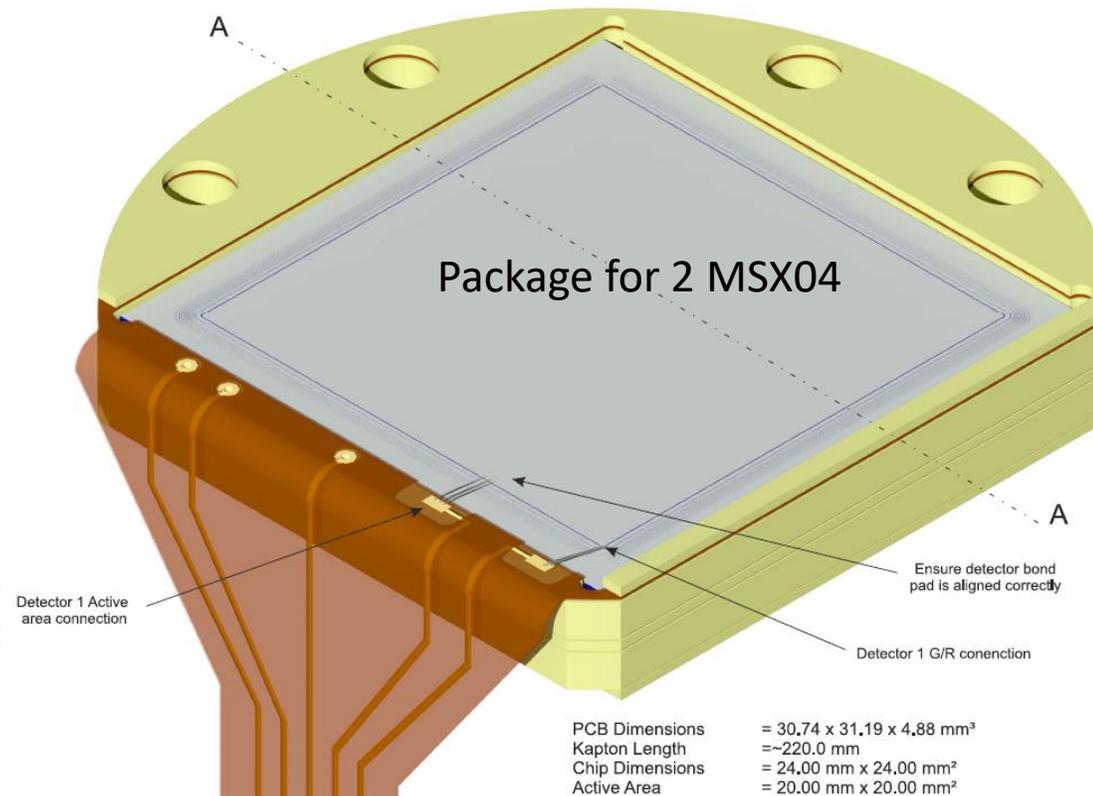
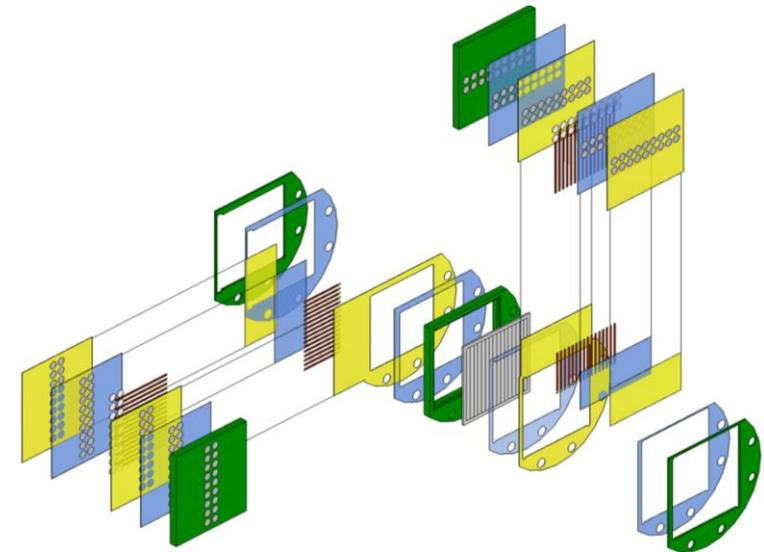
- Un détecteur de position pour la détection de résidus (ions) lourds
  - Hors catalogue Micron Semiconductors (sur mesure pour Nectar)
  - Futur Micron BB29
  - Épaisseur 0,5 mm
  - Surface sensible 122x40 mm<sup>2</sup>
  - 122 + 40 strips; pas de 1 mm



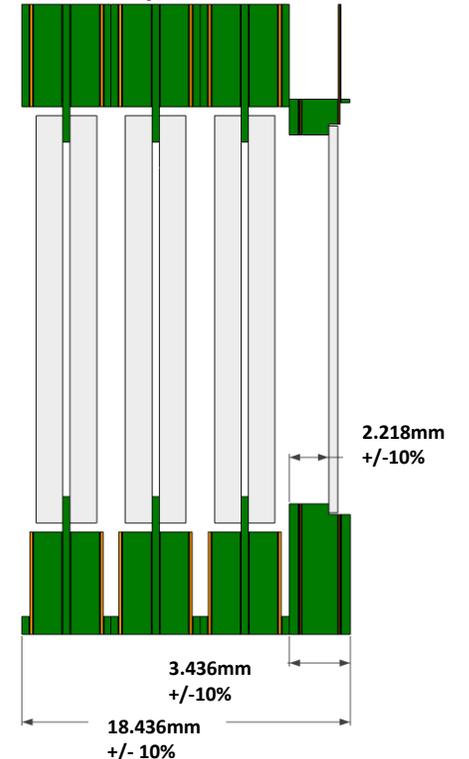
# Les “packages” détecteurs

- Côté fabricant on a besoin:
  - D'un support mécanique pour le détecteur
  - D'un support permettant son raccordement électrique (polarisation + extraction de signaux) par « bonding »
    - ⇒ De délivrer un produit directement exploitable par l'utilisateur
- Côté utilisateur on a besoin
  - De positionner et fixer le détecteur avec le support fourni
  - De le raccorder à un système de polarisation et de lecture spécifique
    - ⇒ De recevoir un produit directement exploitable
- Contrainte d'encombrement pour Nectar: **Tous les packages doivent être conçus « sur mesures »** (co-design fabricant/utilisateur)
- Technologie FPC (Flex Printed Circuits): alternance de couches conductrices/diélectriques, couches diélectriques flexibles (type polyimide) ou rigides (type epoxy)

BB8 package exploded view



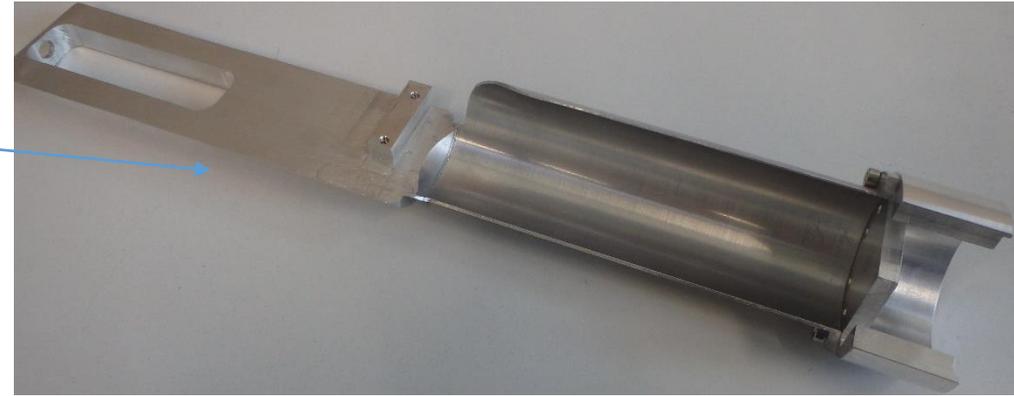
Telescope section



## Les interfaces package/pocket (1/2)

Bride KF50 usinée  
+ PCB interface collé  
(Mécanique CENBG)

Pièce de liaison Bride/Tête  
(Mécanique CENBG)

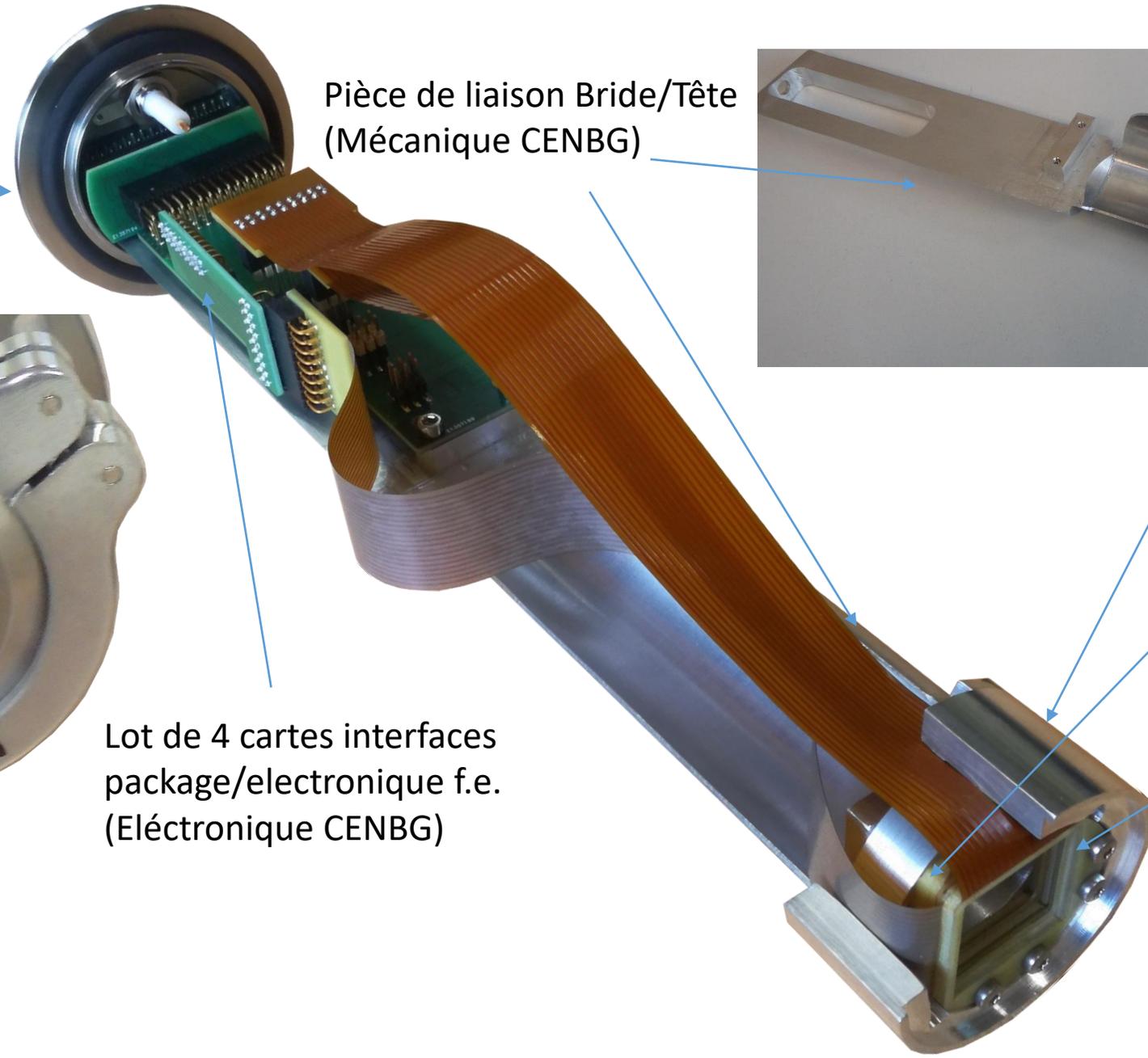


Lot de 4 cartes interfaces  
package/electronique f.e.  
(Électronique CENBG)

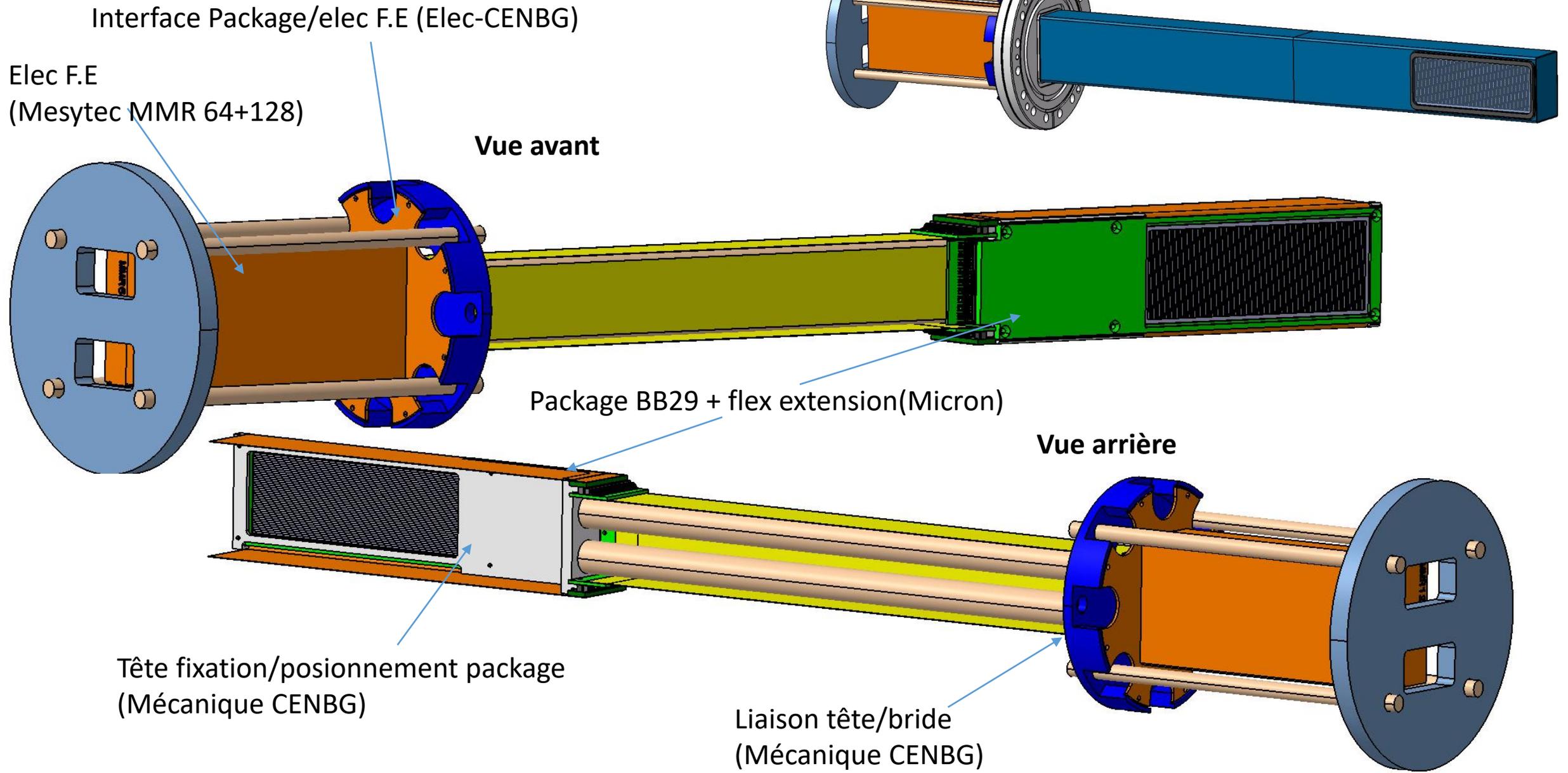
Tête détection  
(Mécanique CENBG)

Package MSX04 (Micron)

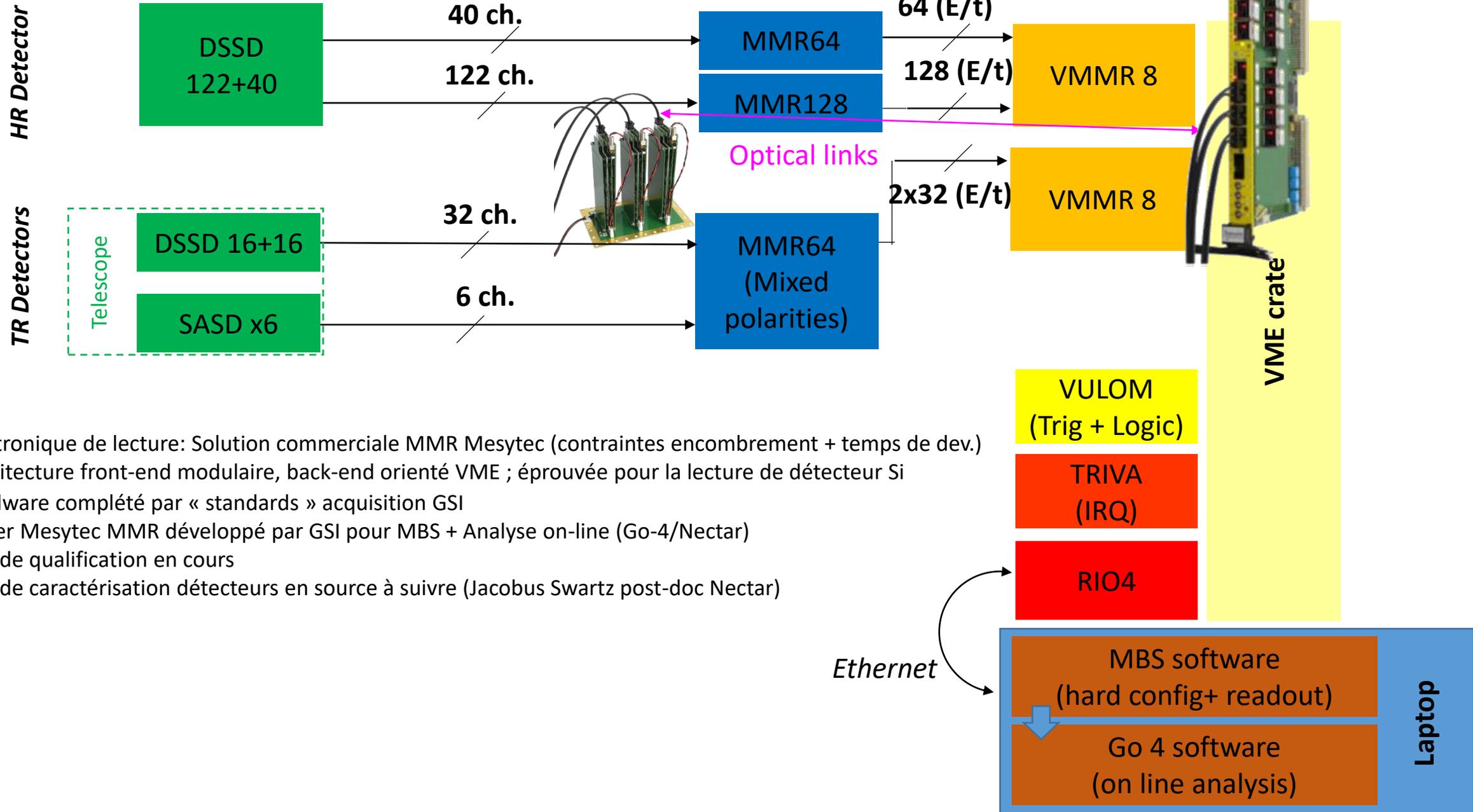
Package BB8 (Micron)



## Les interfaces package/pocket (2/2)



# L'électronique de lecture des Si et l'acquisition de données



- Electronique de lecture: Solution commerciale MMR Mesytec (contraintes encombrement + temps de dev.)
- Architecture front-end modulaire, back-end orienté VME ; éprouvée pour la lecture de détecteur Si
- Hardware complété par « standards » acquisition GSI
- Driver Mesytec MMR développé par GSI pour MBS + Analyse on-line (Go-4/Nectar)
- Test de qualification en cours
- Test de caractérisation détecteurs en source à suivre (Jacobus Swartz post-doc Nectar)

Oui mais s'il y a des produits de la réaction qui ne traverse pas la fenêtre inox...?

( Au hasard, des fragments de fission par exemple)

*Sachant que les cellules photovoltaïques présentent de bonnes performances à 1 A MeV et qu'elles sont plus résistantes à l'irradiation que les Si, pourrait-on imaginer de les intégrer dans une fenêtre active?*



**Mais quel type de cellules?  
Jusqu'à quelle énergie?  
Et puis comment les lire?**

→ **R & D « Signal »**

**Et comment les monter en fenêtre? → R & D « Intégration »**

**Mais c'est sûr que ça peut aller dans l'ultra-vide, ça?  
Et est-ce qu'au moins ça va tenir l'étuvage à 300°C?**

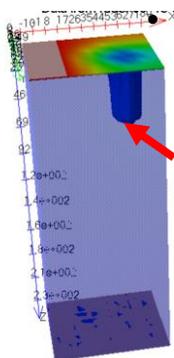
→ **R & D « Matériaux »**

# R&D "signal"

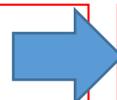
## Simulations

- Modélisation électrique cellules
- Modélisation électrique preamp historique (reverse engineering)
- Modélisation du processus de collection des charges
  - Atlas Silvaco Code
  - Model by M. Sguazzin

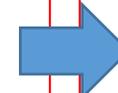
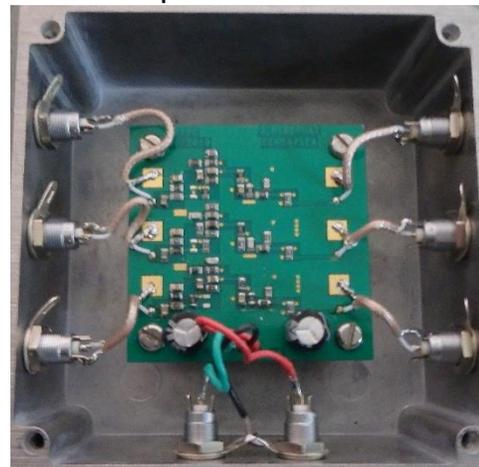
New!



*Distorsion du potentiel (funneling effect)*



Prototype « preamp & filtre » (x3)  
⇒ Electronique CENBG

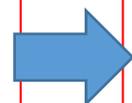
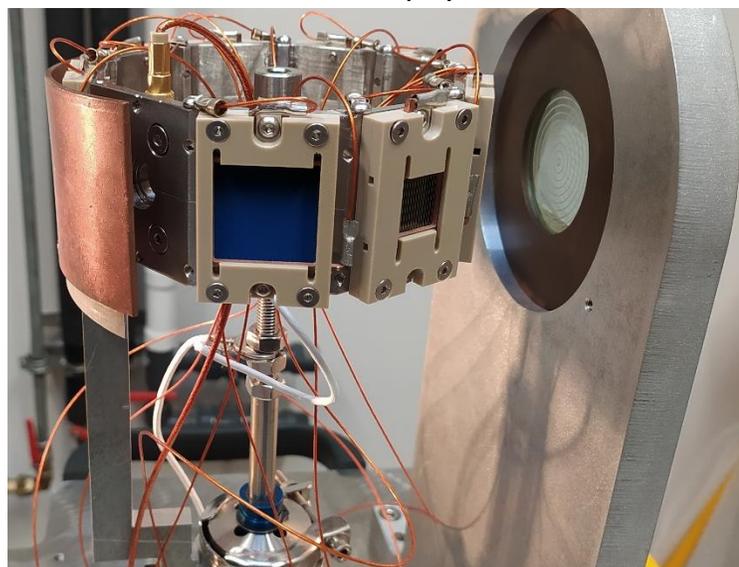


Celltec (banc de test cellules source Cf)  
⇒ Mécanique CENBG



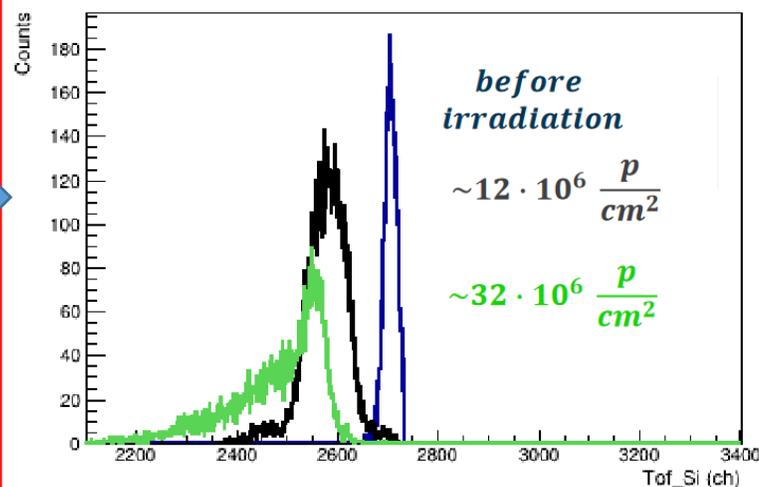
## Setup de test cellules sous faisceau

⇒ Méca/Instru/Elec CENBG + physiciens Nectar

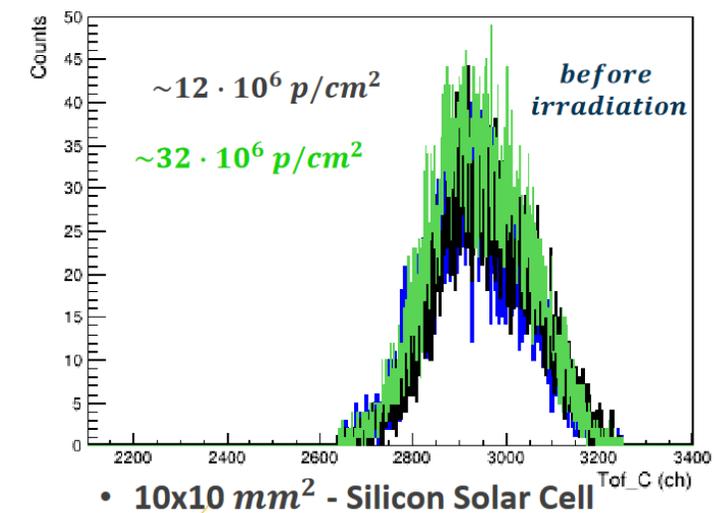


## Resultats manip GANIL, mars 2021

Réponse dét. Si.



Réponse Cellule



# R&D “matériaux”

## TREVO: un nouvel outil « maison » pour l'étude de dégazage

- Analyse de gaz résiduels (RGA)



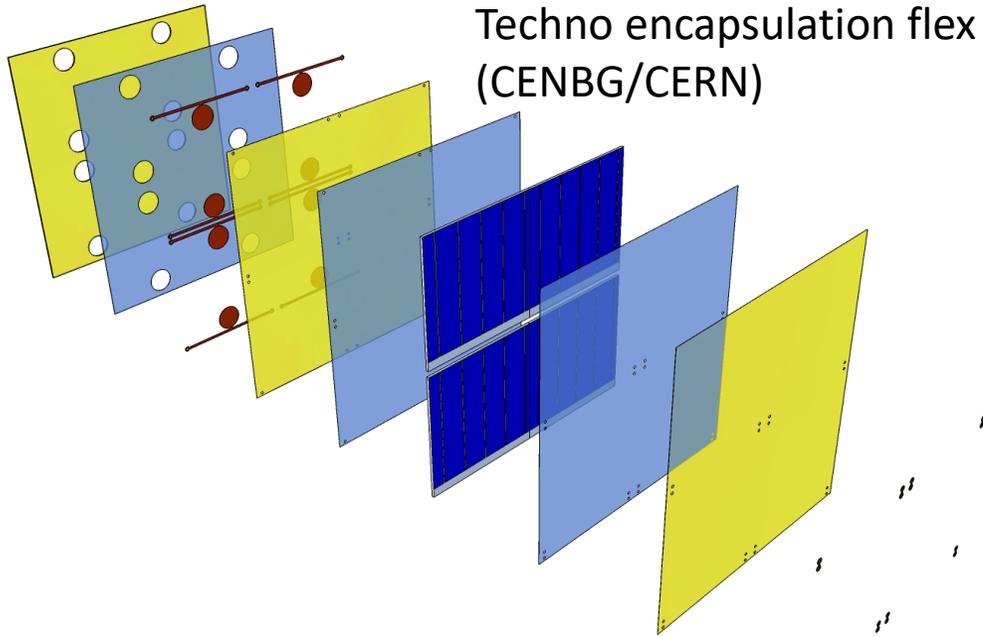
- Conditions opératoires Cryring
  - ⇒ Vide limite  $10^{-12}$  mbar
  - ⇒ Taux de dégazage  $<10^{-12}$  mbar.l.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>
  - ⇒ Etuvage à 300° C



- Conçu et développé pour Nectar par instrumentation@CENBG en collaboration avec les physiciens de Nectar

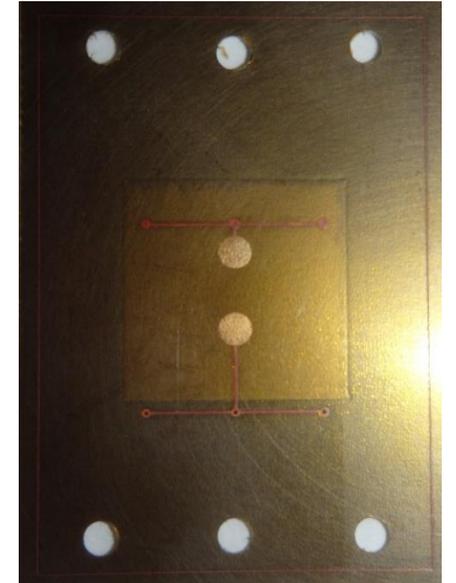
# R&D "intégration"

Cellules substrat Ge encapsulées (épaisseur totale 420µm)

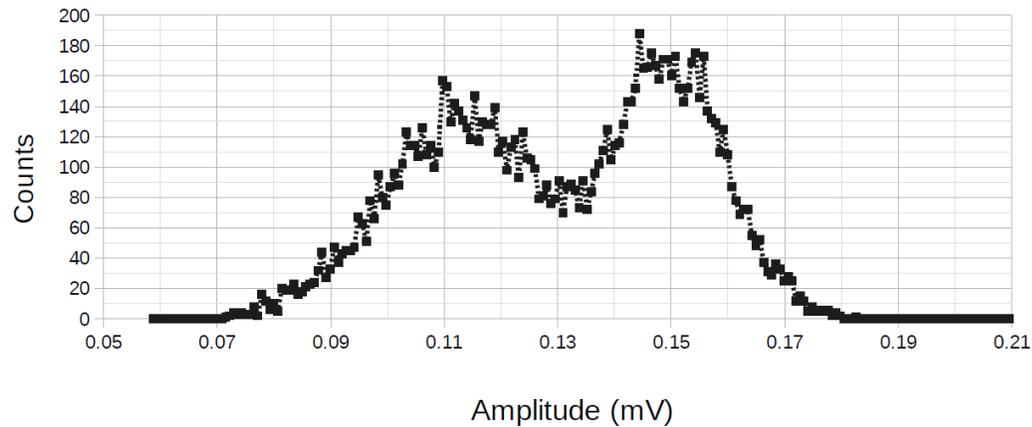


- Polyimide/Copper⇒Low outgassing (according to CERN)
- 260°C baking resistant
- Tight panel by construction
- 5% dead areas

- Signal extraction test OK
- Backing/outgassing tests in progress
- If OK, window prototype

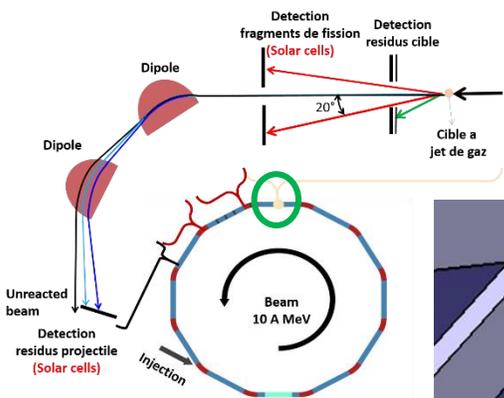


252-Cf Spectra by 20mmx20mm (Ge) - CERN Prototype

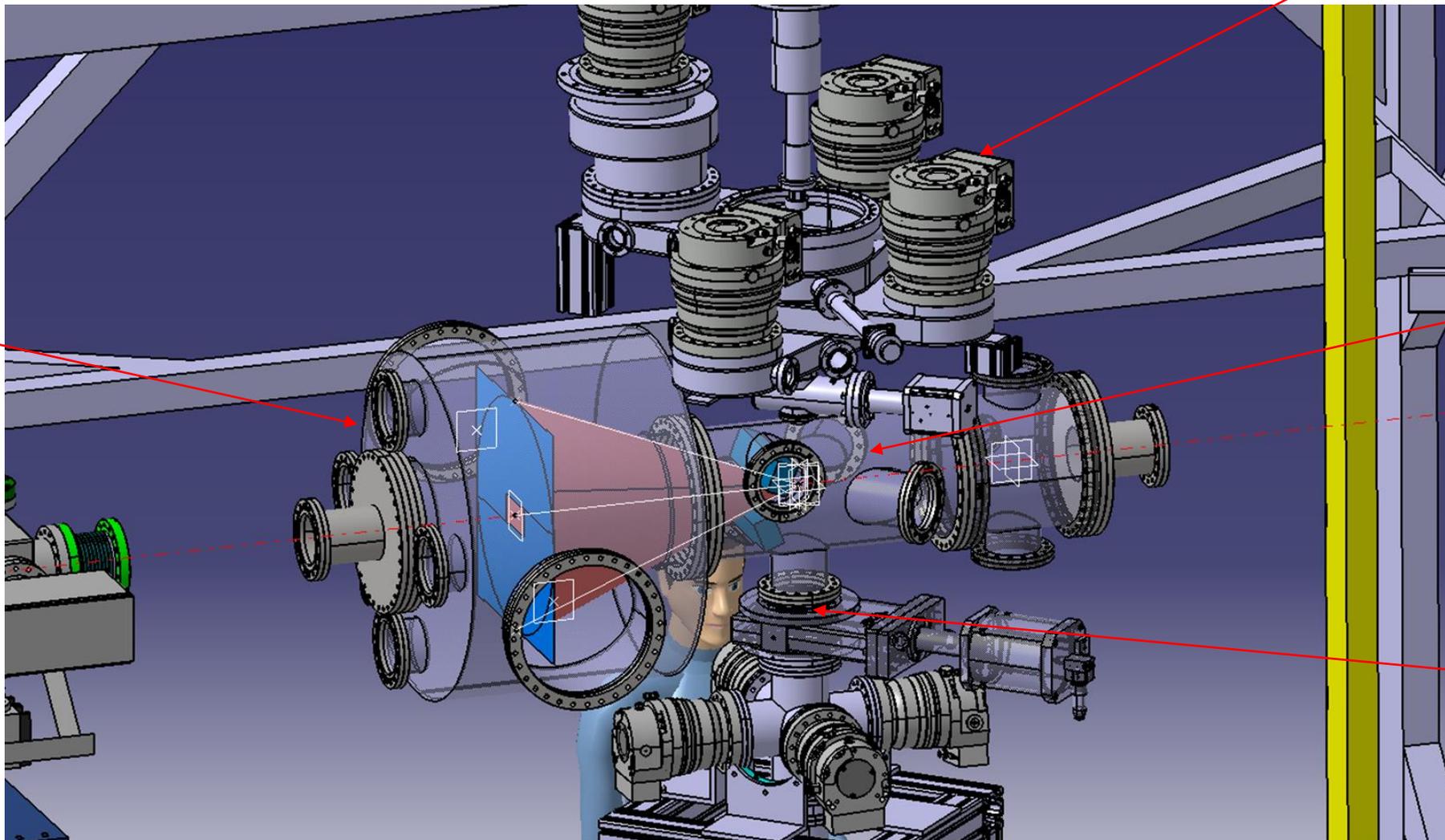


Plot by Michele Sguazzin (use of CENBG preamp!)

# Chambres Nectar sur Crying section YR09



Chambre  
« fission »

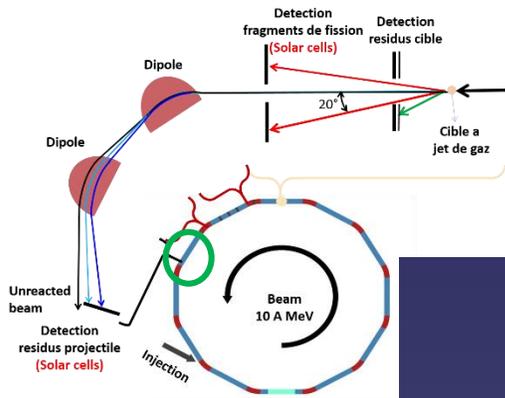


Système  
gas-jet

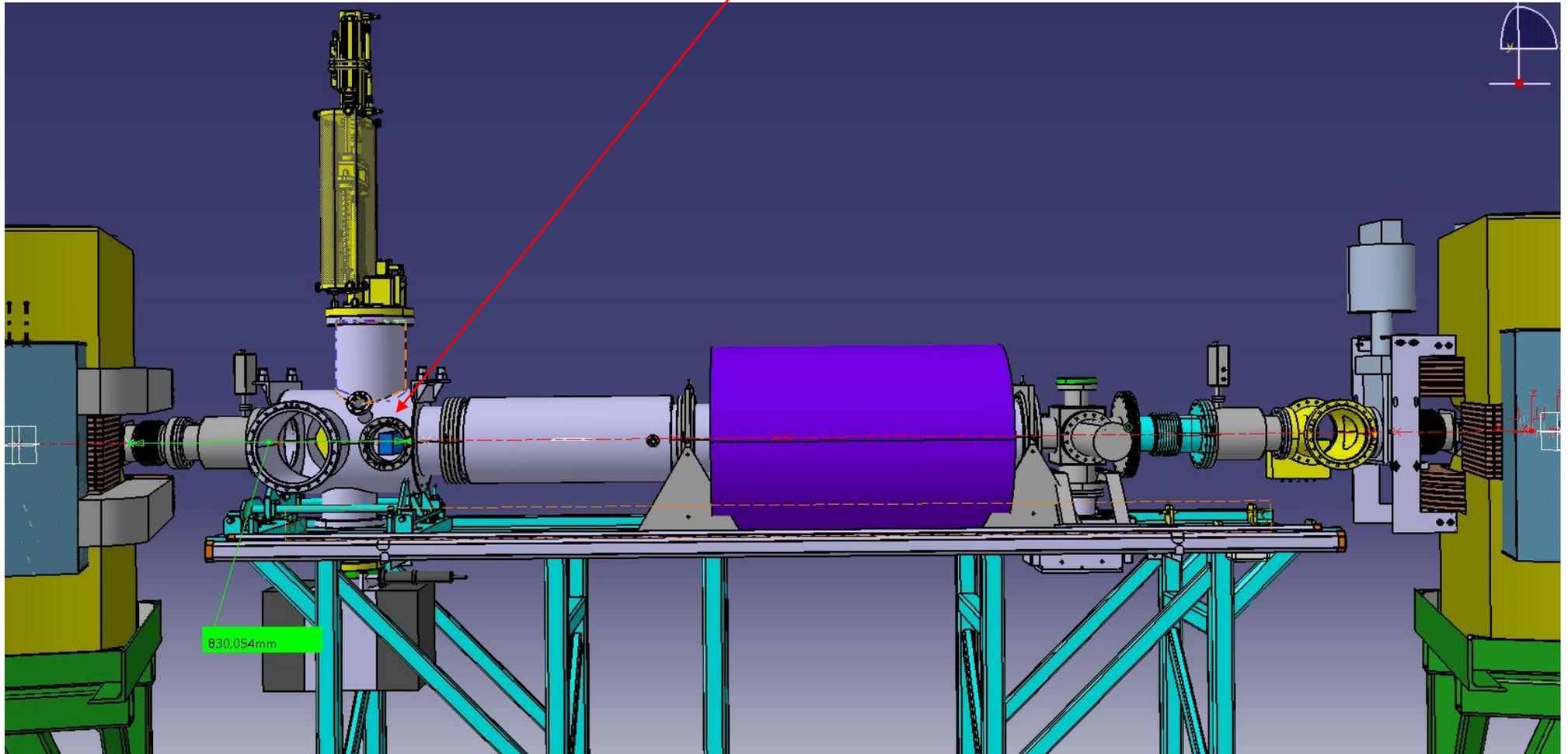
Chambre  
« cible »

Système  
gas-dump

# Chambre Nectar sur Cryring section YR11



Chambre «point focal »



# Collaboration scientifique

**B. Jurado, J. Pibernat, M. Sguazzin, J. Swartz, B. Thomas**, M. Roche, P. Alfaut, J. Giovinazzo,  
J. Michaud, B. Blank, M. Gerbaux, S. Grevy, T. Kurtukian

*Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux-Gradignan (CENBG), France*

**J. Glorius, Y. A. Litvinov**, C. Brandau, A. Gumberidze, S. Hagmann, P.-M. Hillenbrand, A.  
Kalinin, M. Lestinsky, S. Litvinov, B. Lorentz, E. Menz, N. Petridis, U. Popp, M.S. Sanjari,  
U. Spillmann, M. Steck, Th. Stöhlker

*GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany*

**M. Grieser, K. Blaum**

*Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany*

**R. Reifarth**, K. Göbel

*Goethe Universität Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany*

**V. Méot, M. Dupuis**, A. Chatillon, L. Gaudefroy, **O. Roig**, J. Taieb

*CEA, DAM, DIF, France*

C. Bruno, T. Davinson, C. Lederer-Woods, J. Marsh, P. J. Woods,

*The University of Edinburgh, Edinburgh, United Kingdom*

A. Henriques, *FRIB/NSCL, Michigan State University, USA*

L. Audouin, F. Hammache, *Irene Joliot Curie LAB, Orsay, France*

W. Korten, L. Thulliez *CEA Paris-Saclay - DRF/IRFU/DPhN, France*

A. Heinz, *Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden*

C. Domingo Pardo, *Instituto de Física Corpuscular, CSIC-Universidad de Valencia, Spain*