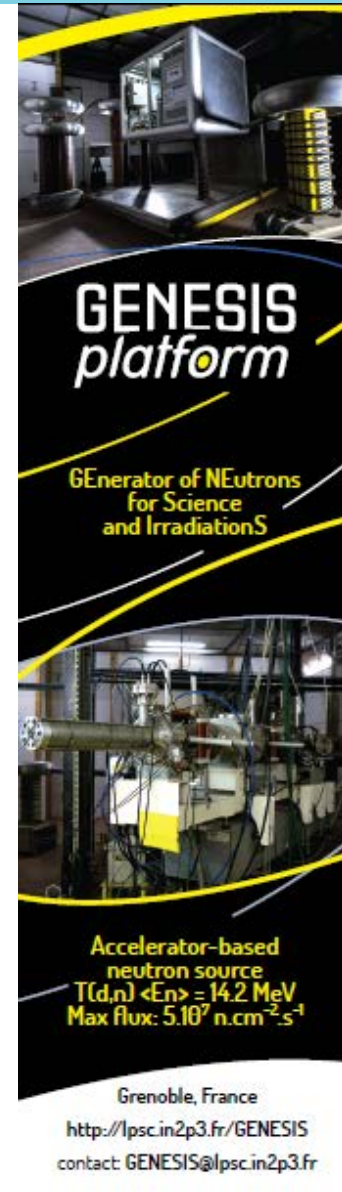


# Plateforme GENESIS : GEnerator of NEutrons for Science and IrradiationS

B. Cheymol, M. Baylac, A. Billebaud

- Présentation de la plateforme
- Composition et évolution de l'équipe associée aux activités de la plateforme
- Les faits marquants scientifiques
- Le projet futur



## ➤ La plateforme GENESIS:

- Source de neutrons rapides générée par un accélérateur
- En service depuis 2003
- Plateforme labellisée IN2P3 depuis 2017



## ➤ L'accélérateur: GENEPI2 (Générateur de Neutrons Pulsé Intense)

- Accélérateur électrostatique (250 kV)
- "2" fait référence à une série (GENEPI1 pour les exp. MUSE, GENEPI-3C pour GUINEVERE)
- Deutons de 220 keV sur cible solide T (ou D)



Target	<Energy>	Max. beam current	Absolute intensity	Max Flux (at 1 cm)
Tritium	14.2 MeV	150 $\mu\text{A}$	$8 \times 10^9 \text{ n.s}^{-1}$	$5.10^7 \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$
Deuterium	2.5 MeV		<i>To be determined</i>	

## ➤ Visibilité

- Nuclear Physics Innovation NUPIA (ENSAR2)
- IRT Nanoelec

## Activités

### ➤ Neutrons pour la science

- Comme particules incidentes pour les réactions nucléaires
- Pour tester les détecteurs dédiés aux réactions induites par neutrons
- Pour tester des détecteurs de neutrons
- Pour la caractérisation de détecteurs en champ neutrons

### ➤ Neutrons pour les irradiations

- Applications de Micro-Electronique
  - Test de circuits intégrés sous irradiation (études des SEU) to mimer les particules de haute énergie pour des applications spatiales (recherche académique)
  - Applications industrielles (~10 utilisateurs): test de composants électroniques

## ➤ Equipe GENESIS :

- Responsable d'opération: B. CHEYMOL (IR), pôle acc.
- Coordinateur Scientifique: A. BILLEBAUD (DR), groupe physique des réacteurs
- Support administratif (IRT, contrat): M. BAYLAC (IR), pôle acc.
- Conduite machine et expert vide : S. REY (IE), pôle acc.
- Conduite machine et Support électronique : E. LABUSSIÈRE (IE), pôle acc.

## ➤ Evolution :

- Départ d'un IR CDD fin 2017 (F. Villa)
- Recrutement d'un IR en 2018 (B. Cheymol)
- Départ d'un opérateur conduite machine et expert contrôle-commande CDD (2017-2019) : T. Gemond (AI) → **à remplacer en 2020 (CDD)**

## ➤ Volume RH :

- 2018: forte activité: Exploitation, maintenance, mise à jour de la plateforme: 4,1 ETP
- 2019: peu d'activité mais beaucoup de travaux + dossier ASN: 3,5 ETP

## ➤ Support récurrent LPSC:

- **Pôle accélérateur:**

- Support mécanique (AI) : T. CABANEL (AI)
- Conception mécanique (ponctuel): P.O. Dumond (IE)

- **Services techniques**

- Electronique :
  - J. BOUVIER, (IR), Electronique Numérique, C&C (ponctuel en 2018)
  - D. TOURRES, (IE), Electronique Numérique et Analogique, C&C (ponctuel en 2018)
  - J.-P. SCORDILIS (T) Assemblage électronique (ponctuel en 2018)
- Informatique:
  - G. DARGAUD (IR) Logiciel C&C
- Mécanique :
  - J. GIRAUD, (IE) : Calculs thermiques, ponctuel
  - Atelier de fabrication
- Radioprotection et Sécurité : W. REGAIRAZ (IR)

- **Groupe de physique des réacteurs**

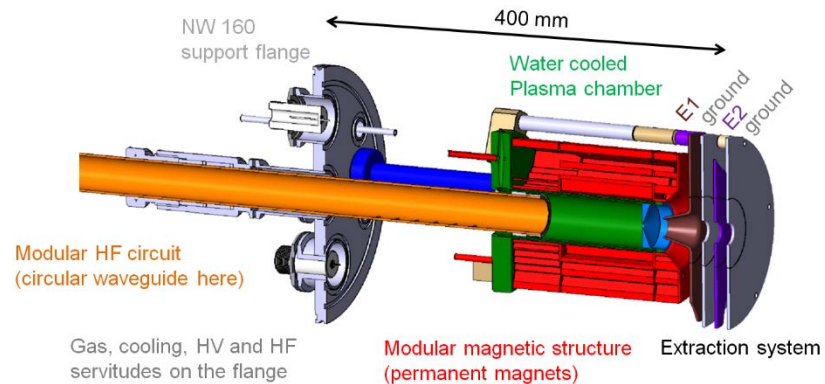
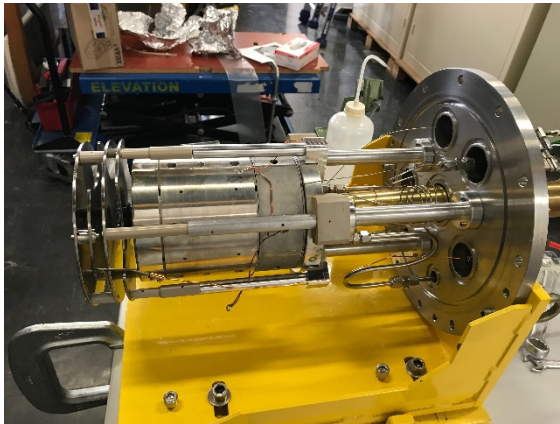
- O. MEPLAN (MCF) MCNP, Mesures activation – LBA
- M. RAMDHANE (PR) Mesures activation – LBA, ponctuel

- **Services généraux**

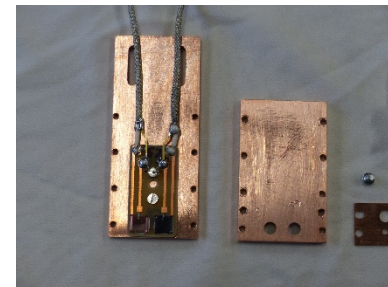
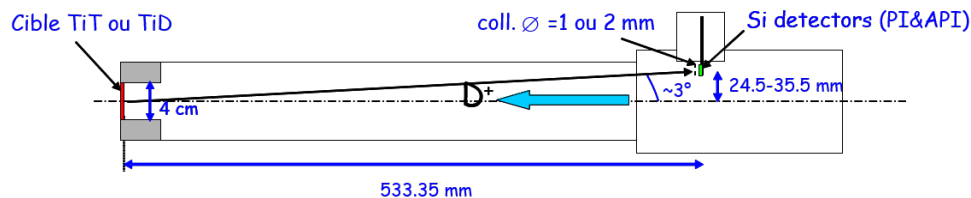
- C. BERNARD (IE), évolution infrastructures - SG
- C. DESLORIEUX (IR), F. PETIOT (AI), contrats, commandes - Adm

➤ **Améliorations techniques de la plateforme**

- Installation d'une nouvelle source ECR continue en 2016 (développée au LPSC) et adaptation de la ligne : 10  $\mu$ A- 2 mA

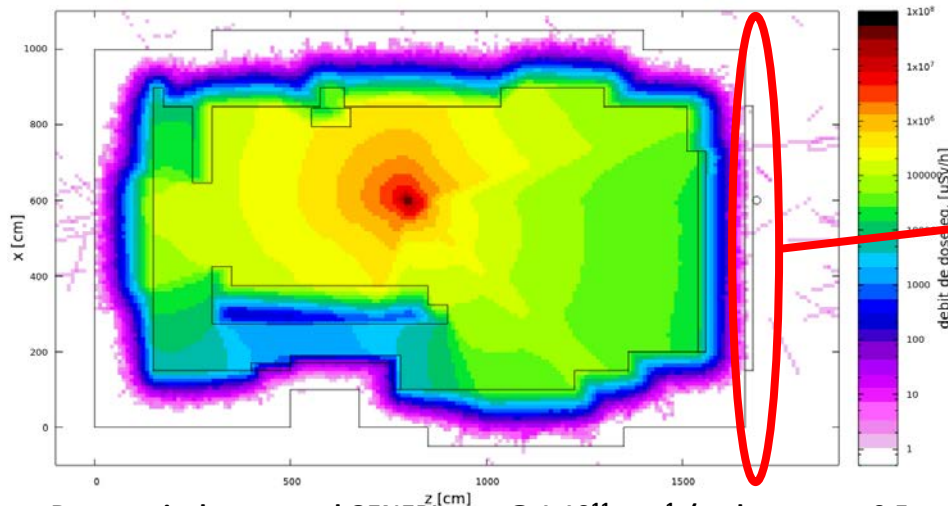


- Nouveaux moniteurs production de neutrons (2016)



➤ Améliorations de la sûreté de la plateforme

- Dimensionnement et renforcement du blindage neutron (en vue d'une opération à  $10^{11}$  n/s)



Dose equivalent around GENEPI area @  $1.10^{11}$  n.s<sup>-1</sup> (scale starts at 0,5 μSv/h)



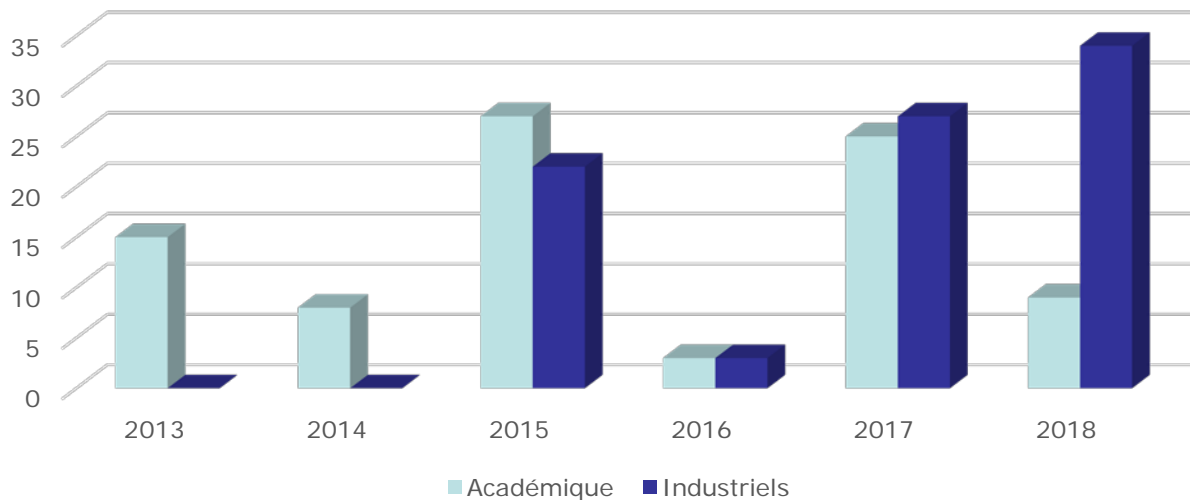
- Mise à jour de composants de sécurité (rondier, accès, interlocks) et installation d'une balise gamma pour contrôles d'accès casemate post-irradiations
- Renouvellement de l'autorisation ASN avec nouveaux composants: dossier soumis fin 2018, autorisation obtenue fin 2019



➤ **Occupation de la plateforme: en hausse (raréfaction des installations neutrons rapides)**

- Utilisateurs académiques (recherche) : fluctuations entre faible-moyen
- Utilisateurs industriels (valorisation): en hausse depuis 2016
- ➔ Plateforme plus adaptées aux irradiations qu'aux mesures physiques de précision (données nucléaires)
- ➔ Accessibilité adéquate pour tests détecteurs et dispositifs expérimentaux

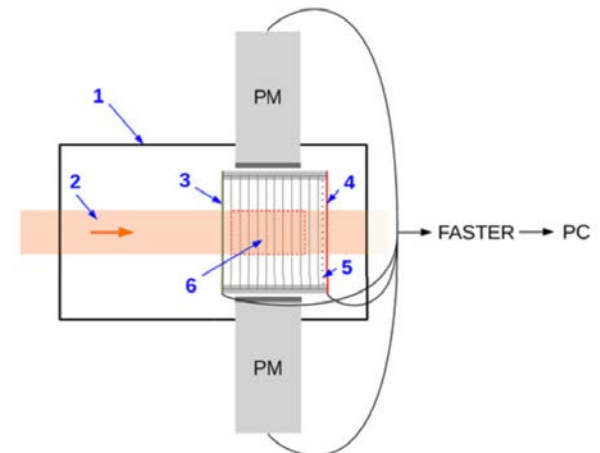
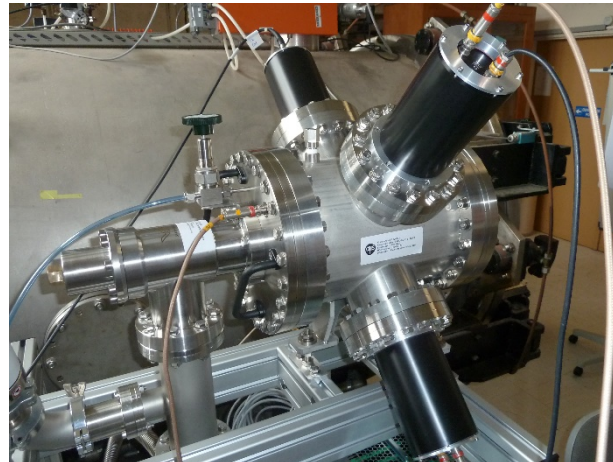
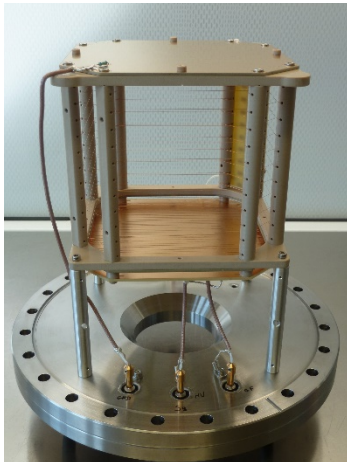
Occupation plateforme GENESIS



➤ Tests de détecteurs pour mesure de réactions neutroniques

- **SCALP (LPC Caen):** de GENESIS à NFS

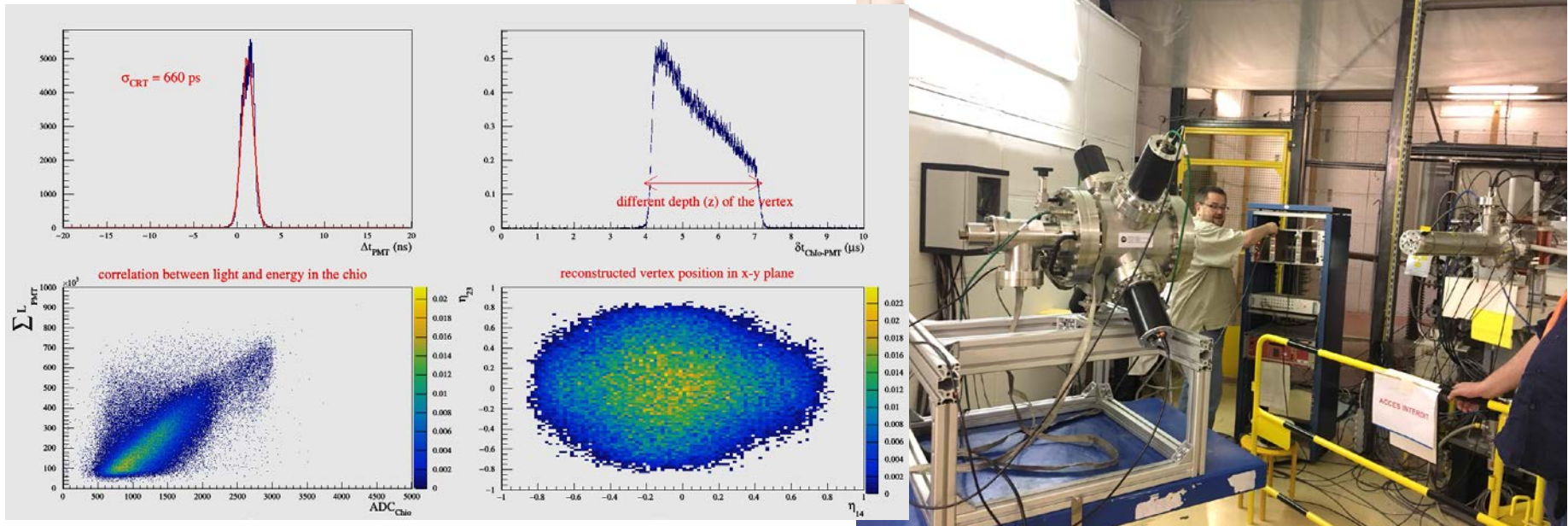
- Objet: Mesure de la section efficace  $^{16}\text{O}(n, \alpha)^{13}\text{C}$  du seuil à 20 MeV pour améliorer la connaissance de la production d'hélium dans les réacteurs (combustibles oxydes, caloporteur/modérateur eau) ➔ requête de la « high priority request list (HPRL de la NEA) »
- Détecteur SCALP développé par LPC Caen = chambre d'ionisation scintillante remplie de  $\text{CF}_4 + \text{CO}_2$  entourée de 4 PM
- Détection des  $\alpha$ : charges + lumière en fonction de l'énergie des neutrons (tof)



**Figure 3.** Schematic of SCALP's experimental setup. 1: external chamber. 2: Incident neutron flux. 3: Cathode (in green). 4: Anode (in red). 5: Frish grid. 6: Active volume (gas).

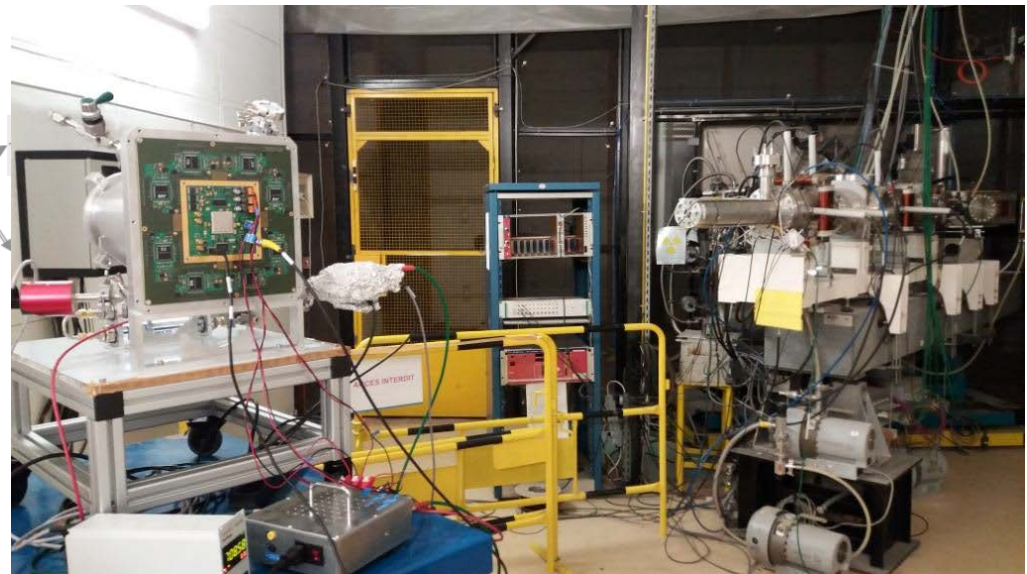
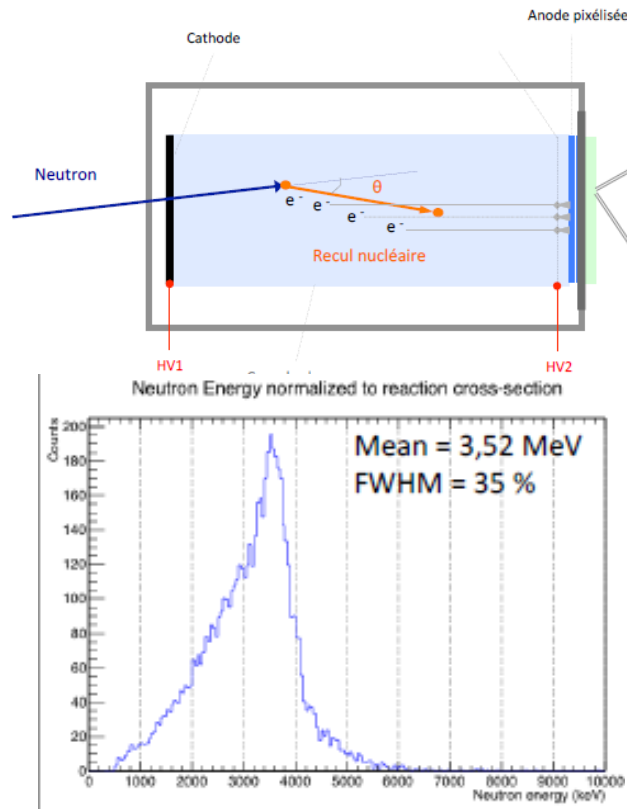
- **SCALP**: de GENESIS à NFS

- Mesure finale prévue sur NFS (Neutrons For Science) à SPIRAL2 (GANIL): neutrons de qq MeV à 40 MeV sur ligne de temps de vol 5m, haut flux.
- Test réalisé à GENESIS en juin 2018: Test du fonctionnement du détecteur sous faisceau avec gaz CF<sub>4</sub> seul <sup>19</sup>F(n, α)<sup>16</sup>N
  - ➔ problèmes de temps mort d'acquisition
  - ➔ difficultés liées à la non collimation des neutrons



➤ Tests de détecteurs neutrons

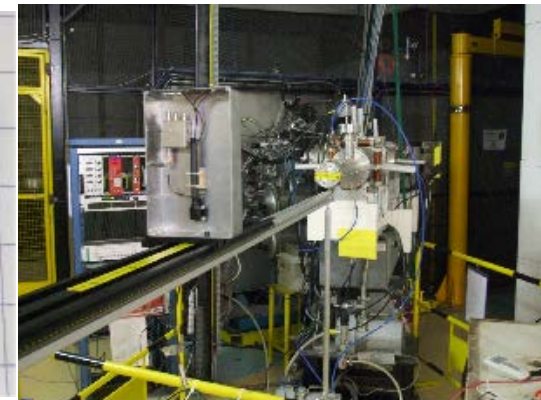
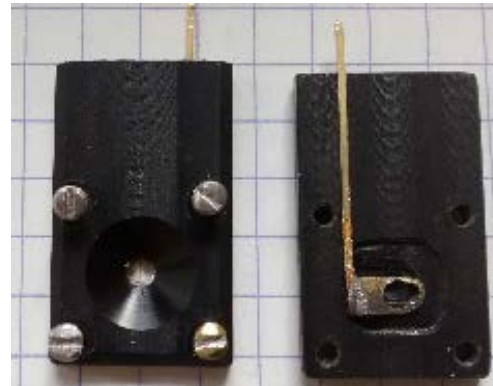
- Test de **MIMAC FASTn** (LPSC): spectromètre directionnel de neutrons rapides développé au LPSC par analyse du recul des  $4\text{He}$  (diffusion élastique)
- ➔ Mesure du spectre des neutrons ( $\text{D(d,n)}$ ) à  $0^\circ$  et  $90^\circ$



- Calibration d'un prototype de **compteur proportionnel sphérique** développé par le LSM



- Test de **détecteurs diamants** pour la détection des neutrons (Monodiam, LPSC)



- Test moniteur de radiation (CERN)

## ➤ Tests de détecteurs en ambiance neutronique

- **CANDELLE (CEA/DEN):** CALibration Neutronique de DEtecteurs Luminescents à base de Lithium Enrichi
  - Objet: maîtrise des incertitudes expérimentales dans les mesures d'échauffement gamma réalisées en réacteurs de faible puissance
  - Utilisation de dosimètres thermo-luminescents (TLD) : matériaux dopés pour piéger les électrons excités par le rayonnement dans des bandes d'énergie intermédiaires, libérés par stimulation thermique post-irradiation → courbe de brillance avec 2 pics,  $H_1$  et  $H_2$
  - Matériaux à base de LiF sensibles aux gammas et aux neutrons:
  - Composante « neutron » (à soustraire) basée sur données de la littérature ayant une grande incertitude (50 à 100%)
- ➔ Nécessité de calibrer en dose gamma et neutron dans des champs purs bien caractérisés

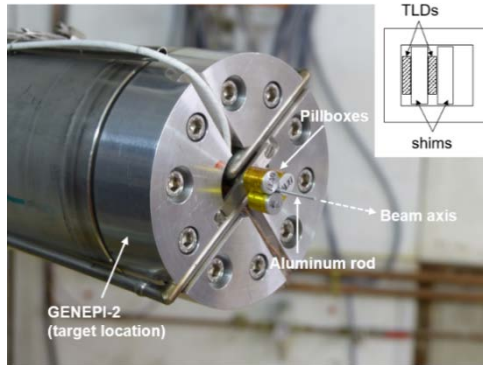
$$H_1 = D_\gamma H_1^\gamma + \phi_n H_1^n$$

$$H_2 = D_\gamma H_2^\gamma + \phi_n H_2^n$$

La dose gamma  $D_\gamma$  est déduite à partir du rapport  $H_1^n/H_2^n$

- **CANDELLE (CEA/DEN):**

- Utilisation de la plateforme GENESIS er 2016 pour la calibration neutrons (D(d,n))
- Utilisation des neutrons rapides D(d,n) pour étudier la sensibilité aux neutrons

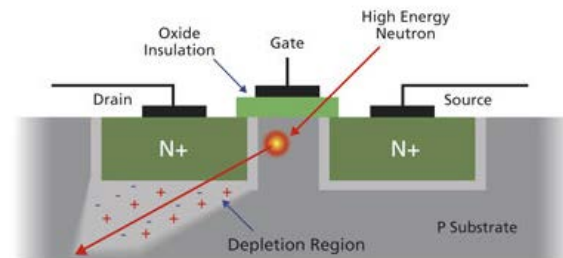


Utilisation de TLD en  ${}^6\text{LiF}$  (sensibles aux neutrons) et  ${}^7\text{LiF}$

- ➔ Rapport  $H_1^n/H_2^n$  obtenu à 5%
- ➔ a permis d'interpréter des mesures de dose gamma dans le réacteur EOLE

- **Micro-Electronique (TIMA-CNRS Grenoble, ONERA Toulouse, Université de Madrid)**

- Energie de 14 MeV représentative des effets des hadrons de haute énergie (environnement spatial)
- Etudes de défaillance de circuits intégrés sous flux de neutrons: Basculement d'état logique (SEU)



## ➤ Poursuite de programmes d'anciens utilisateurs et valorisation

- LPCC: SCALP
- Micro-électronique fondamentale: TIMA + ONERA
- Industriels

## ➤ Nouveaux utilisateurs académiques potentiels

- ONERA (autre équipe): mesure d'effet d'albedo sur les neutrons de différents matériaux avec sphère de Bonner
- CEA-LLB/CNRS: test de modérateurs neutrons froids
- IM2NP (Univ Marseille) : test détecteurs neutrons SiC (diamant)

## ➤ Projets européens

- Via le **projet européen ARIEL (Transnational access...)**
- Via le projet européen Radnext (montage en cours), suite de Radsaga



## ➤ Améliorations scientifiques

- Objectif **meilleure connaissance de la production de neutrons** de la plateforme: upgrade des moniteurs de faisceau (dont accessibilité), étude de la caractérisation du champ de neutrons, étude de l'évolution des taux de production des cibles tritiées en fonction de l'utilisation

## ➤ Améliorations techniques

- Objectif **meilleure disponibilité et augmentation du flux** : nouveau design de la cible (upgrade du dossier de sûreté associé), augmentation de la capacité de stockage des effluents tritiés, ...
- Objectif **meilleure maîtrise des faisceaux produits** : développement de diagnostics en ligne pour meilleure caractérisation du faisceau (émittancemètre, ...)

## ➤ **Réflexions à plus long terme**

- Upgrade du contrôle&commande (techno > 10 ans)
- R&D production de faisceaux pulsés (en fonction des besoins)
- R&D pour développements futurs GENEPI-3C (en lien avec projet MYRRHA ou pas)
- Définition des spécificités d'une ligne « irradiation » versus ligne « physique »

## ➤ **Utilisateurs ciblés**

- Micro électronique (notamment pour le spatial)
- Physiciens en préparation expériences sur d'autres installations (NFS, JRC/GELINA, ...) : test de détecteurs ou set-ups

**Merci !**

