

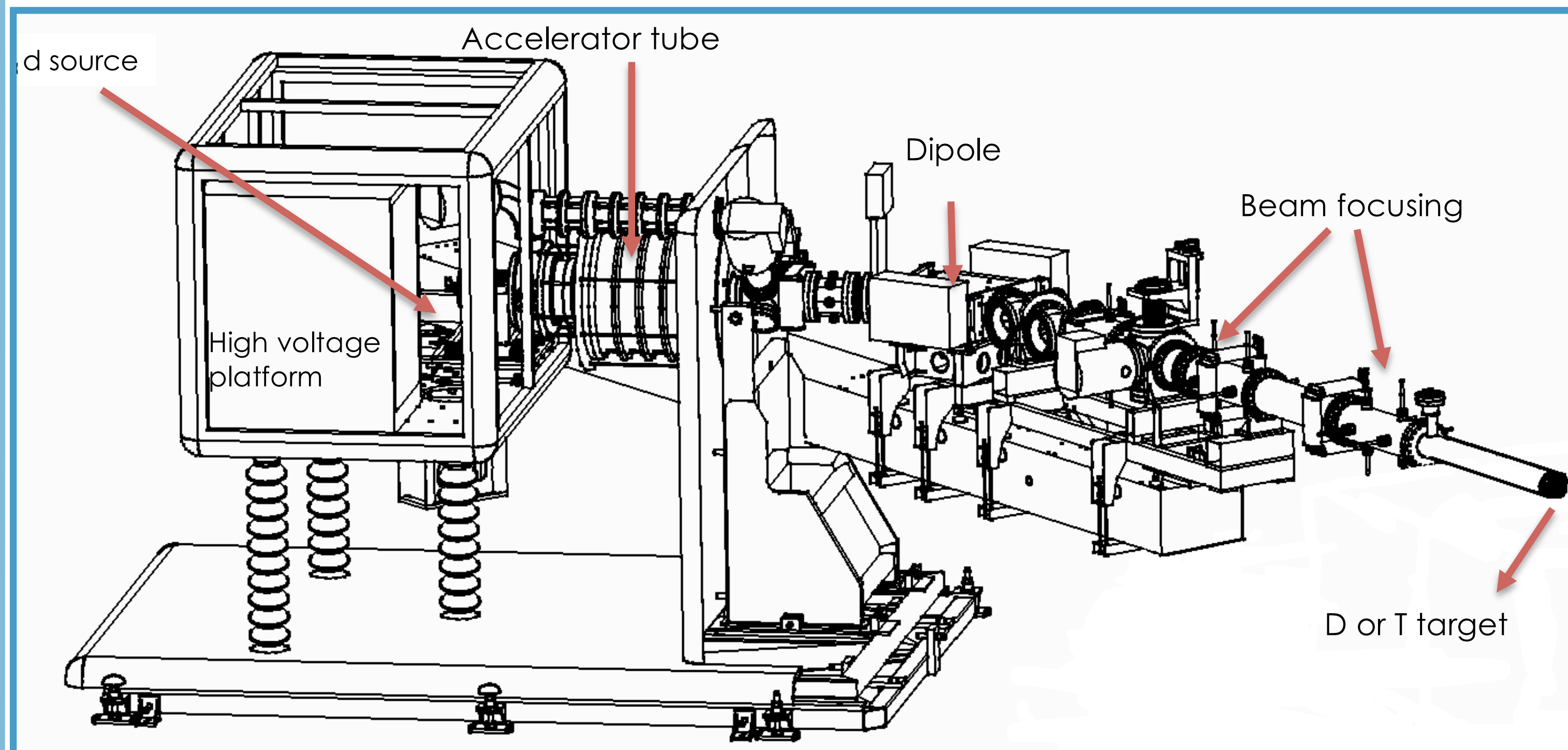
Le générateur de neutrons GENEPI2 et ses applications

F. Villa, M. Baylac, A. Billebaud, P. Boge, T. Cabanel, E. Labussière, O. Méplan, S. Rey, LPSC (Université Grenoble-Alpes, CNRS/IN2P3)

PLATEFORME EXPERIMENTALE

GENEPI2 (Générateur de NEutrons Pulsé Intense) est un accélérateur de deutons (d) dédié à la production de neutrons rapides. Le faisceau de deutons est produit grâce à une source duoplasmatron. Après l'accélération jusqu'à 250 keV et la sélection magnétique faite à l'aide d'un électroaimant, le faisceau est guidé jusqu'à une cible de Tritium (T) ou de Deuterium (D) afin de produire les neutrons via les réactions de fusion:

- réaction dT: $d + T \rightarrow n + \alpha$
- réaction dD: $d + D \rightarrow n + {}^3\text{He}$



Plan de GENEPI2: source de deutons, tube accélérateur et ligne de faisceau

GENEPI2 fait partie du volet neutronique de la plateforme d'études nucléaires PEREN du LPSC (Grenoble). La machine a été conçue pour les expériences de mesure de précision des sections nucléaires supportant les études portant sur les réacteurs du futur. Ainsi, les neutrons sont produits par paquets courts et intenses (FWHM $\sim 0.7 \mu\text{s}$, courant crête $\sim 45 \text{ mA}$) que peuvent être étiquetés par rapport à une référence en temps. Les paquets de ions et, par conséquent, ceux de neutrons sont créés avec un taux de répétition variant entre 100 Hz et 4000 Hz.

LE FLUX DE NEUTRONS

Le tableau ci-dessus résume les caractéristiques de la production de neutrons auprès de GENEPI2.

Cible	Energie moyenne (MeV)	Flux max. (n/s)
DEUTERIUM	2.5	$\sim 3 \text{ E}+08$
TRITIUM	14.2	$7 \text{ E}+09$

Les neutrons sont émis depuis la cible dans l'entière casemate. A la distance minimale de $\sim 3.5 \text{ cm}$, le flux maximale produit est de $4.5 \times 10^7 \text{ n cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ à 14.2 MeV, ce qui correspond à une fluence de $\sim 1.5 \times 10^{11} \text{ n/cm}^2$ pour une heure d'irradiation.

La plateforme est en phase d'amélioration afin de la fiabiliser et d'augmenter le flux de neutrons. Une nouvelle source FCR pour la production de deutons sera installé afin d'avoir un faisceau de deutons intense ($\sim 1 \text{ mA}$) et continu. Le flux de neutrons pourra alors atteindre $\sim 2 \times 10^{10} \text{ n/s}$ à 14.2 MeV.



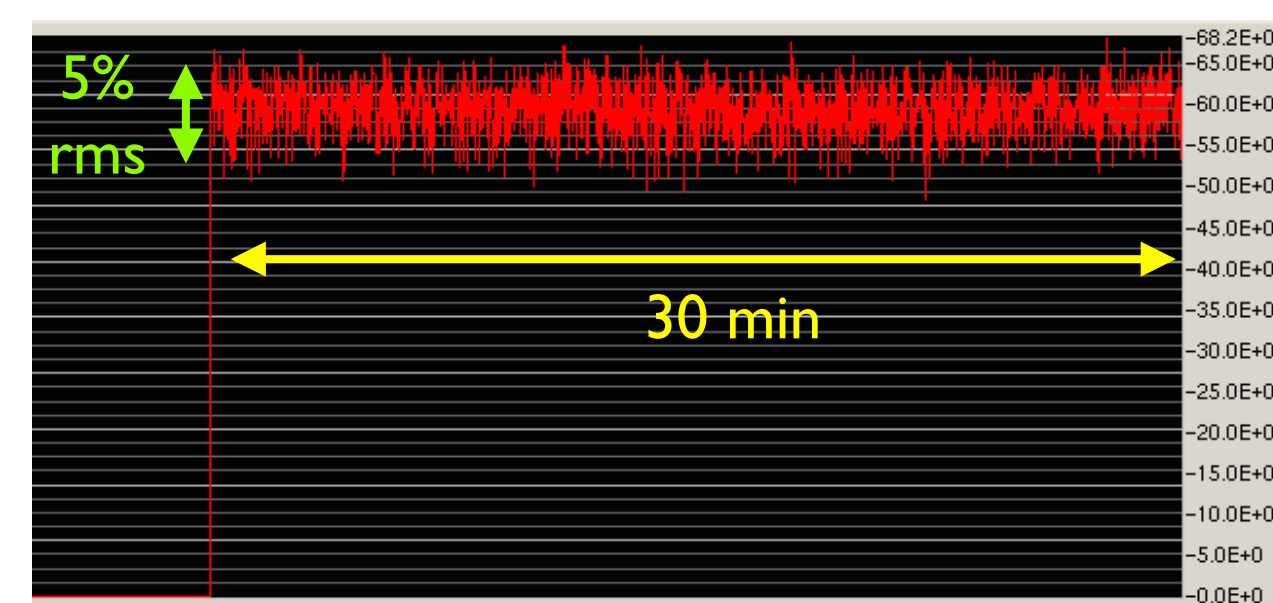
DOSIMETRIE

Différentes méthodes complémentaires sont mise en place afin d'obtenir une estimation du flux de neutrons la plus précise possible. La combinaison de ces mesures permet d'atteindre une dosimétrie meilleure que $\pm 15 \%$.

ESTIMATION EN TEMPS REEL

Suivi du courant de d^+ sur la cible

- ➔ première estimation grossière du flux

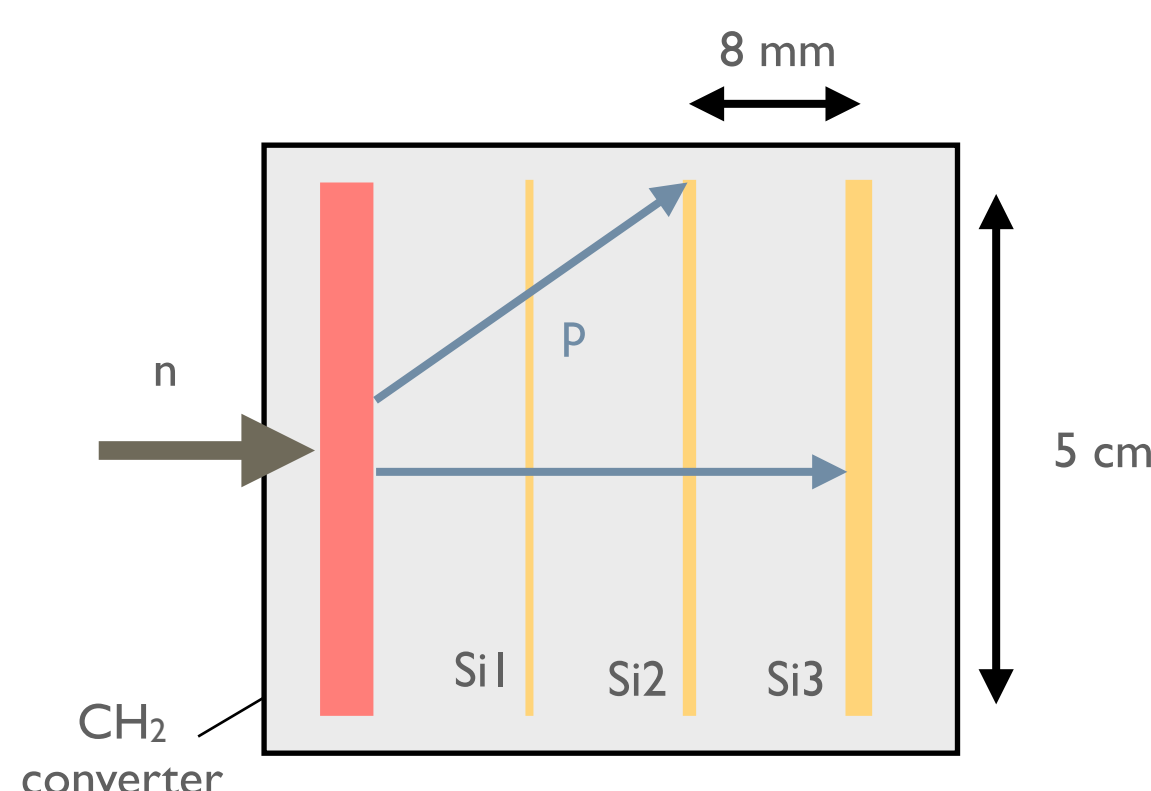


Exemple du suivi du courant crête sur cible sur 30 min.

TRAITEMENT DE DONNEES

MESURE RELATIVE DU FLUX

Suivi direct de la production de neutrons pour la réaction dT en utilisant un télescope à protons



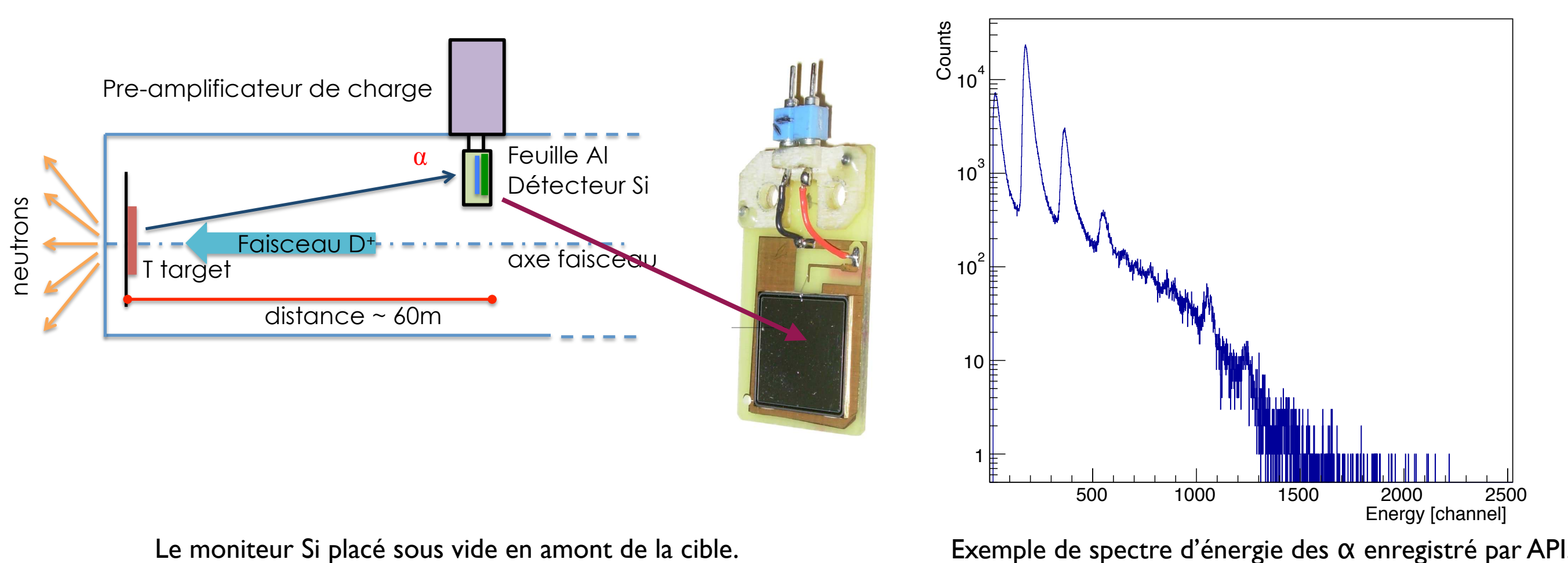
Schématisme et photo du télescope à protons: une couche de CH_2 est utilisée pour convertir les neutrons en protons (1 p per 10^3 n incidents), ensuite les protons d'énergie $> 9 \text{ MeV}$ sont détectés par une coincidence triple des signaux engendrés dans 3 détecteurs Si (300, 500 and $1000 \mu\text{m}$).

MESURE ABSOLUE DU FLUX

Détection des particules associées à la production de n avec le moniteur Si pour α et protons

pour la réaction dT : α de recul

pour la réaction dD : protons de la réaction $d + D \rightarrow p + T$ (\sim équiprobable à dD)

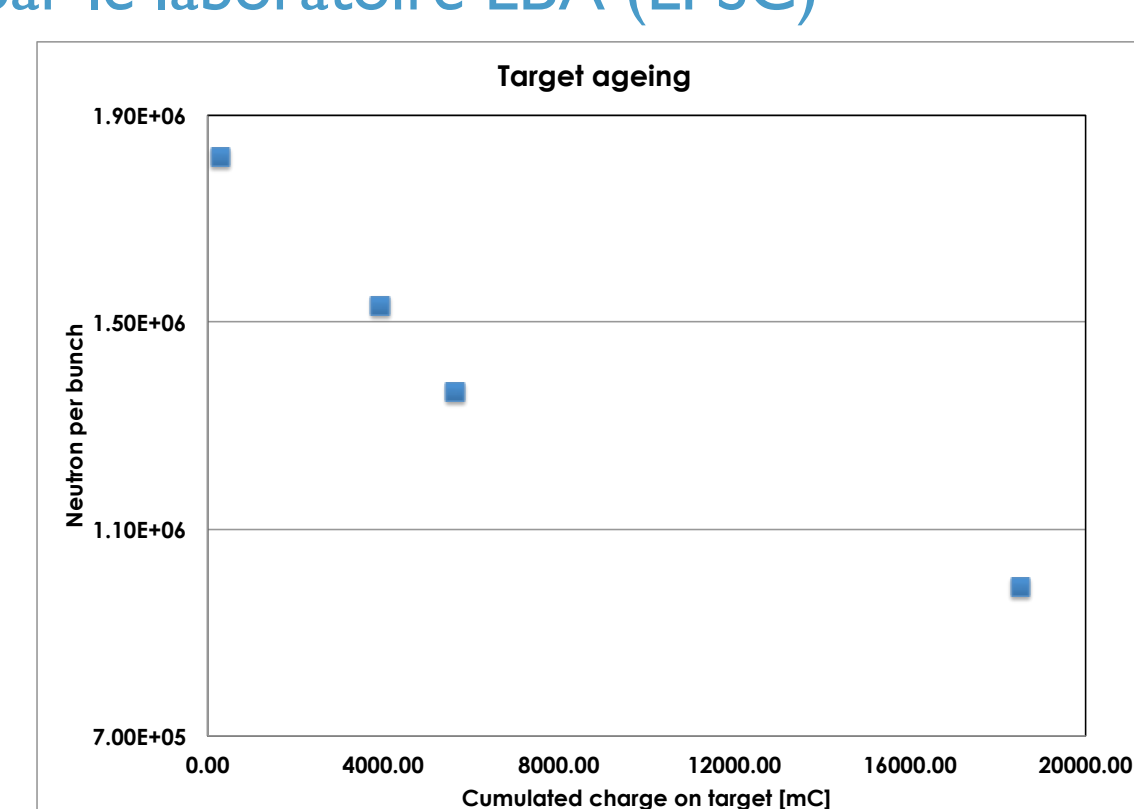


Le moniteur Si placé sous vide en amont de la cible.

Exemple de spectre d'énergie des α enregistré par API.

Mesures d'activation effectuées avec de détecteurs Ge par le laboratoire LBA (LPSC)

- Irradiations périodiques de pastille d'Al
- * vérification de l'estimation obtenue avec le moniteur Si
- * référence pour les mesures obtenues à partir du télescope à protons
- * suivi du vieillissement de la cible



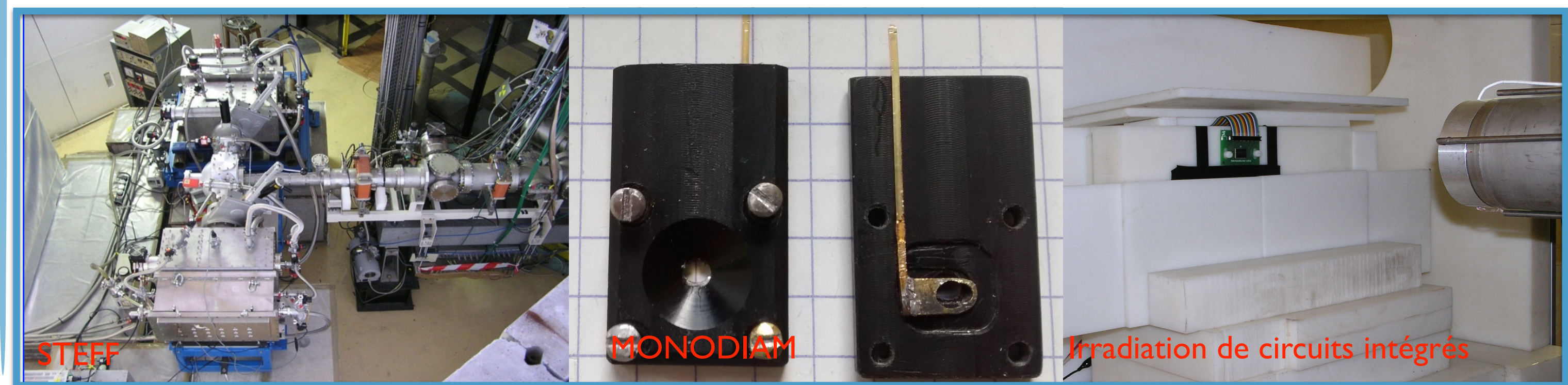
APPLICATIONS

Mesure de précision de sections efficaces nucléaires pour les études sur les réacteurs innovants

Etalonnage et tests de détecteurs :

- ➔ monitors à neutrons pour l'expérience GUINEVERE (maquette d'un réacteur piloté par accélérateur)
- ➔ physique nucléaire :
 - détecteur STEFF (University of Manchester)
 - détecteurs pour la ligne NFS (Neutrons For Science) de SPIRAL2 : chambre à fission, scintillateur liquide, détecteur dédié à la mesure de la section efficace du processus ${}^{16}\text{O}(n, \alpha){}^{13}\text{C}$
- ➔ physique médicale :
 - MONODIAM : détecteur diamant pour le suivi de faisceaux d'hadronthérapie

Irradiation de circuits intégrés : collaboration avec le laboratoire CNRSTIMA + partenaires industriels



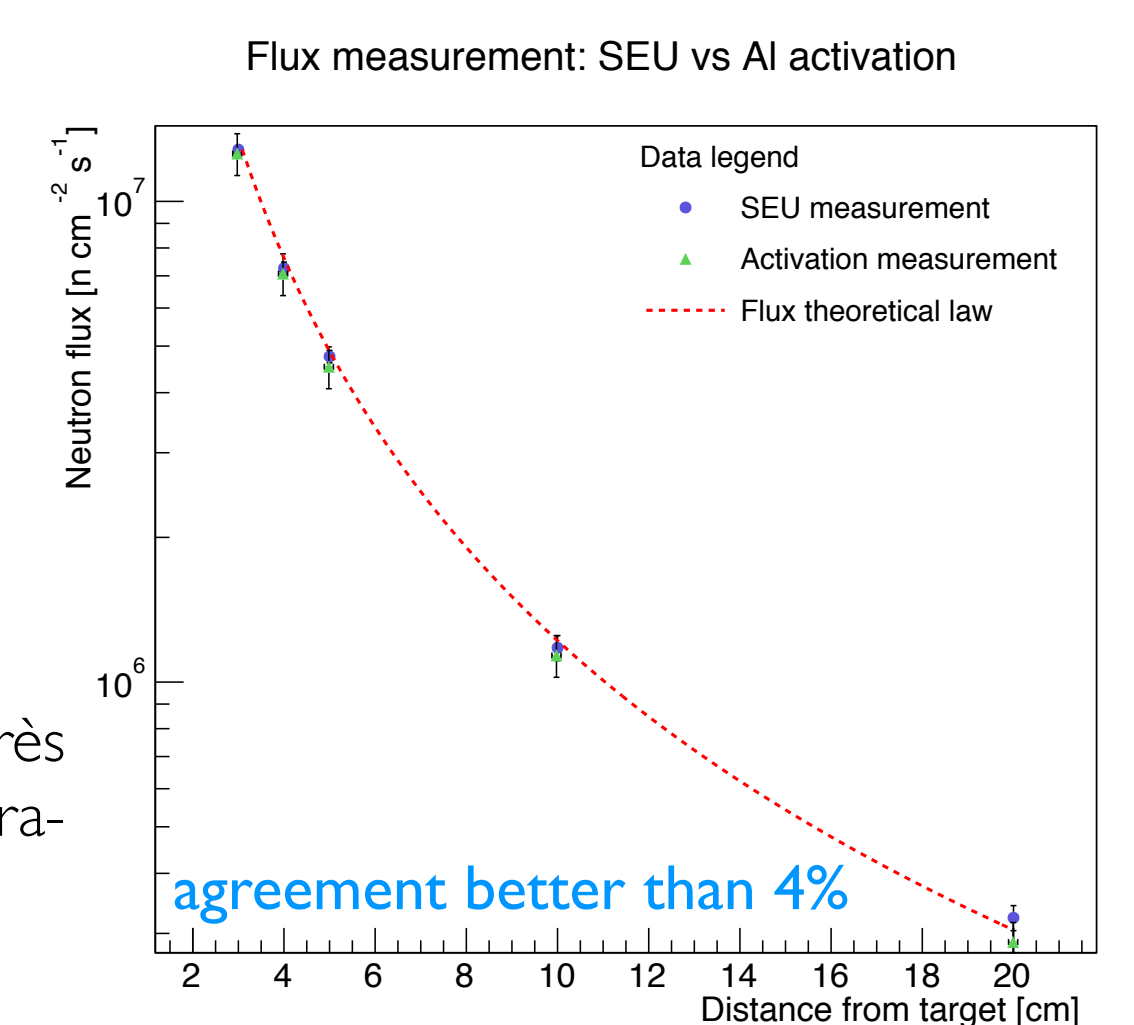
CARACTERISATION DU FLUX A L'AIDE DE CIRCUITS INTEGRES

Vérification de la dosimétrie de neutrons

Mesure de flux basée sur le comptage des "single event upsets" (SEUs) engendrés dans une SRAM sensible à la radiation de neutrons rapides. L'accord entre cette estimation et la mesure par activation de pastille d'Al est meilleur que 4%.



SRAM de vieille génération déjà testée auprès d'autres sources de neutrons 14 MeV comparables à GENEPI2 (CEA Valduc, Sodern, Frascati)



Mesure de la distribution spatiale des neutrons

La distribution spatiale du flux de neutrons a été mesurée à plusieurs distances du point-source en utilisant une matrice de 75 chips identiques sensibles aux SEUs. Chaque chip est irradié sous un différent angle solide. Le nombre de SEUs détecté en chaque chip renormalisé par le nombre de SEUs du chip de référence représente l'homogénéité spatiale du flux. Le but de la mesure est d'identifier la région où l'homogénéité est meilleure que $\pm 10\%$.

