

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



[www.cea.fr](http://www.cea.fr)

## PROJET CANDELLE

Utilisation collaborative de la plateforme PEREN du LPSC pour la **calibration neutronique** de **détecteurs** luminescents à base de **lithium enrichi** pour les mesures d'échauffements nucléaires dans les réacteurs de recherche

**CEA, DEN-CAD/DER/SPEX**  
**LPSC, UGA, CNRS/IN2P3**

## ■ CEA Cadarache – DEN/DER/SPEX

- Equipe : P. Blaise, M. Le Guillou, C. Destouches, A. Gruel
  - Expertise : conduite de programmes expérimentaux et réalisation de **mesures neutroniques et photonique** dans les réacteurs nucléaires de recherche
- Responsable de la définition du besoin et de la conduite des **essais en réacteur** au sein des maquettes critiques ÉOLE et MINERVE du CEA Cadarache



## ■ LPSC – Université Grenoble-Alpes, CNRS/IN2P3

- Equipe : A. Billebaud, O. Méplan, G. Kessedjian
  - Expertise : physique des réacteurs nucléaires et exploitation expérimentale des **accélérateurs et sources de neutrons**
- Responsable de la conduite des **essais sous flux de neutrons** au sein de la plateforme PEREN du LPSC



■ **Contexte** : mesures d'échauffement gamma dans les réacteurs de recherche

— Qualification des **schémas de calcul** photoniques et neutroniques

(conception des réacteurs de puissance, MTR, RJH, etc)

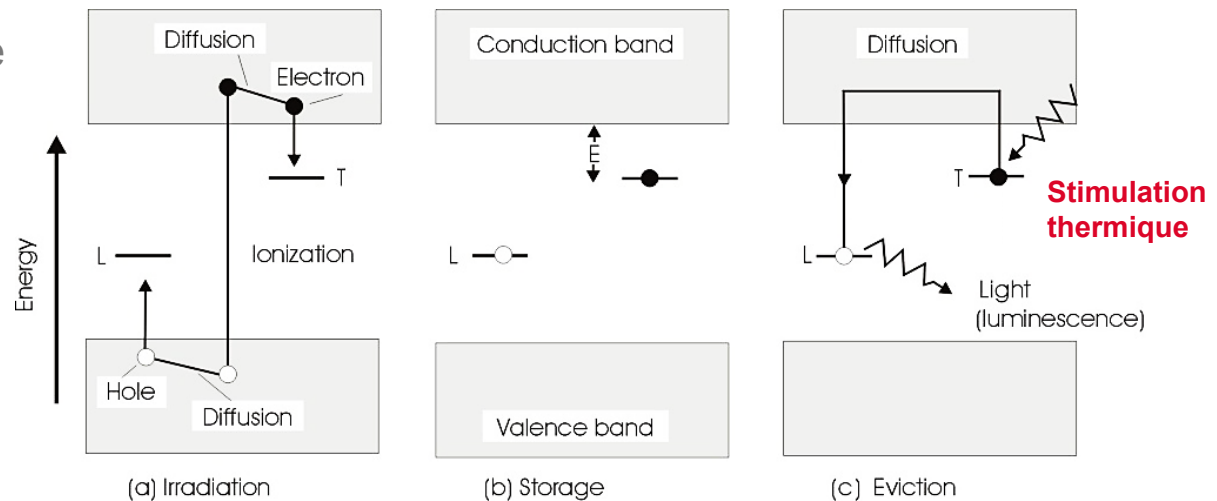
— Matériaux d'intérêt : Al, Hf, Be, acier, etc

→ Besoin en données expérimentales : **mesures en maquette critique (ZPR)**

■ **Technique expérimentale** : dosimétrie thermoluminescente (TLD-700 Li<sup>7</sup>F)

— Luminescence  $\propto$  dose

→ Matériau : **LiF:Mg,Ti**



## ■ **Protocole de mesures** : irradiations en réacteur et calibration gamma

### ■ **Calibration $\gamma$ (source $^{60}\text{Co}$ )**

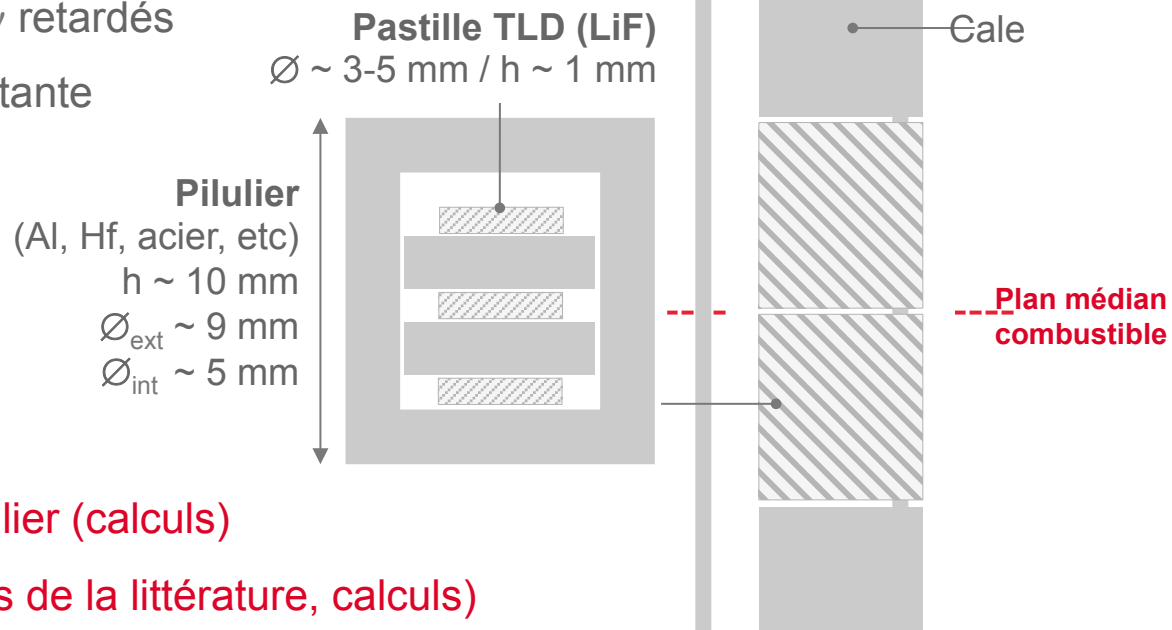
■ BdF / dose divergence /  $\gamma$  retardés

■ Paliers à puissance constante

→ Facteurs de correction :

~5% correction de cavité/pilulier (calculs)

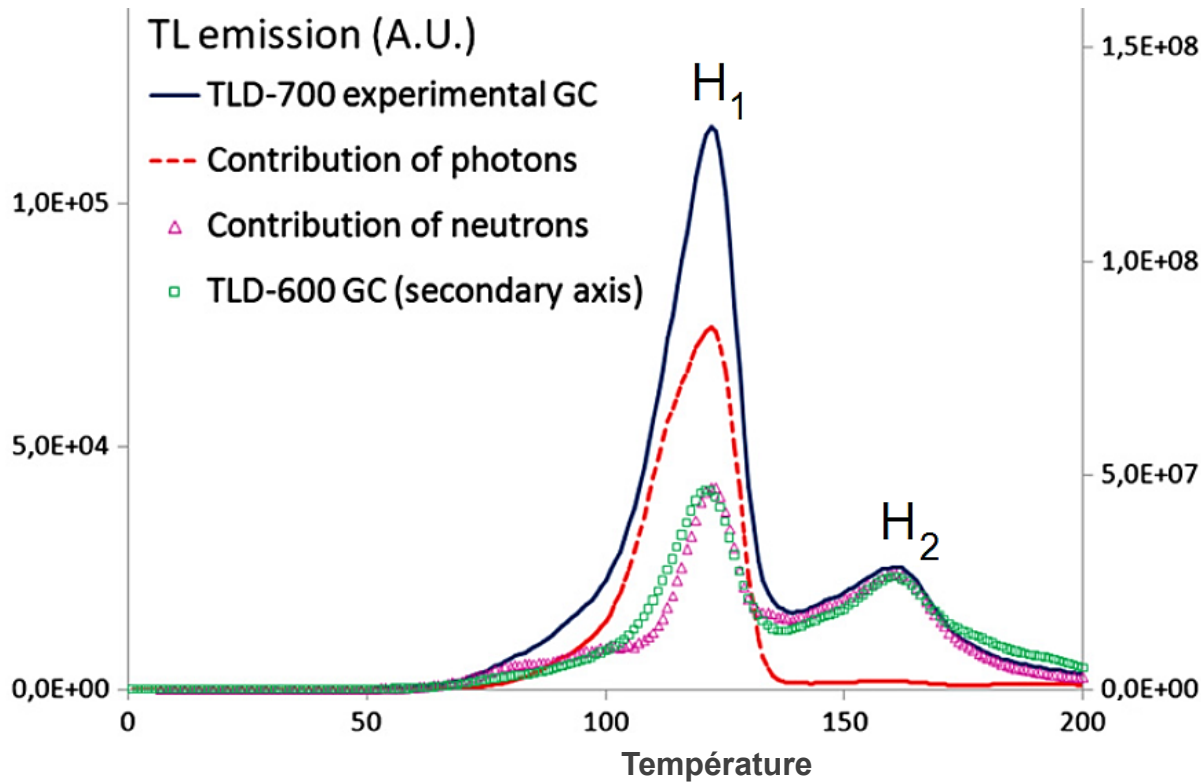
~ 5 à 20% dose neutron (données de la littérature, calculs)



## Objectif du projet :

Détermination expérimentale de la contribution neutronique aux doses totales mesurées en réacteur par TLD LiF

■ **Méthode** développée à l'INFN (Milan): déconvolution du signal TL



TLD-700 : enrichissement **99,9 %  $^7\text{Li}$**   
(sensibilité  $\eta_{\downarrow n} / \eta_{\downarrow \gamma} \sim 0,1$ )  
TLD-600 : enrichissement **95,6 %  $^6\text{Li}$**   
(sensibilité  $\eta_{\downarrow n} / \eta_{\downarrow \gamma} > 100$ )

Dose  $\gamma$  (TLD-700 irradié en champ mixte)

$$D_{\downarrow \gamma} = \frac{H_2 (R_{\downarrow n} - H_1 / H_2)}{H_2 \uparrow_{\gamma} (R_{\downarrow n} - H_1 \uparrow_{\gamma} / H_2 \uparrow_{\gamma})}$$

$$R_{\downarrow n} = H_1 \uparrow_{\gamma} / H_2 \uparrow_{\gamma}$$

[Gambarini et al., 2010]

Determination of gamma dose and thermal neutron fluence in BNCT beams from the TLD-700 glow curve shape

G. Gambarini, G. Bartesaghi, S. Agosteo, E. Vanossi, M. Carrara et M. Borroni, Radiation Measurements 45 (2010) 640–642

■ **Méthode** développée à l'INFN (Milan): déconvolution du signal TL

■ TLD-700 : enrichissement **99,9 %  $^7\text{Li}$**  (sensibilité  $\eta_{\downarrow n} / \eta_{\downarrow \gamma} \sim 0,1$ )

■ TLD-600 : enrichissement **95,6 %  $^6\text{Li}$**  (sensibilité  $\eta_{\downarrow n} / \eta_{\downarrow \gamma} > 100$ )

Irrad. **champ mixte  $\gamma$ -n** (réacteur)

TLD-700  $\rightarrow H_{\downarrow 1}, H_{\downarrow 2}$

Irrad. **champ  $\gamma$**  (calibration  $^{60}\text{Co}$ )

TLD-700  $\rightarrow H_{\downarrow 1 \uparrow \gamma}, H_{\downarrow 2 \uparrow \gamma}$

**Irrad. champ neutron**

TLD-600  $\rightarrow R_{\downarrow n} = H_{\downarrow 1 \uparrow n} / H_{\downarrow 2 \uparrow n}$

[Gambarini et al., 2010]

*Determination of gamma dose and thermal neutron fluence in BNCT beams from the TLD-700 glow curve shape*

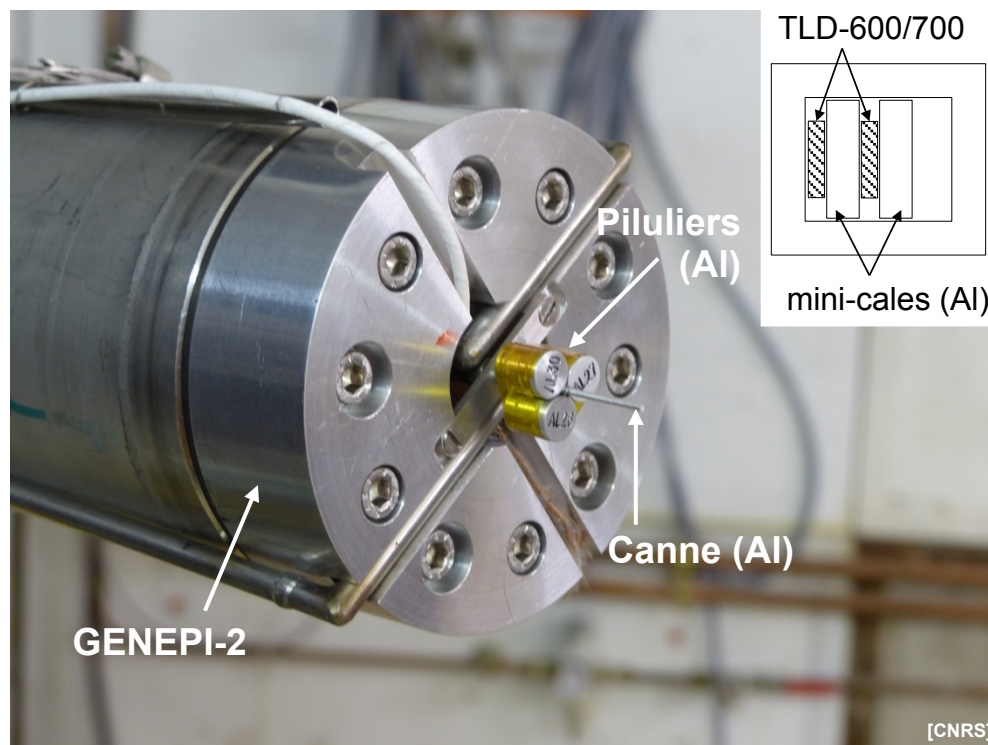
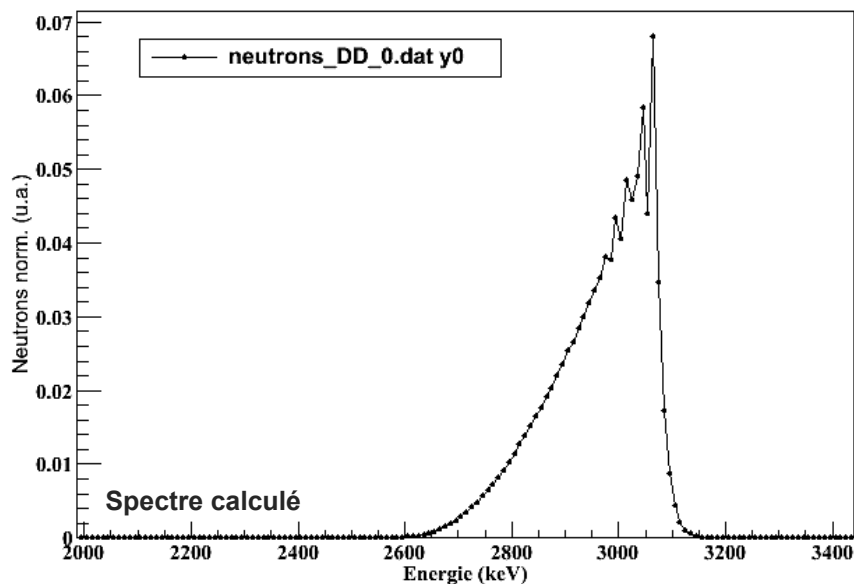
G. Gambarini, G. Bartesaghi, S. Agosteo, E. Vanossi, M. Carrara et M. Borroni, Radiation Measurements 45 (2010) 640–642

■ **Objectif** : mesure des hauteurs de pics  $H_{11n}$  et  $H_{21n}$  champ neutron pur

- Source D-D pulsée (GENEPI-2) : D<sup>+</sup> 220 keV – 4 kHz
- Piluliers aluminium à 3 cm de la cible → **spectre rapide** ~ 3 MeV à 0°
- Irrad. TLD-600 + TLD-700 pendant 3 à 12 h

→ **Flux estimé** :  $5 \times 10^3 \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

(fluences totales de  $5 \times 10^7$  à  $2 \times 10^8 \text{ n cm}^{-2}$ )



## ■ Résultats : application aux mesures dans ÉOLE (programme FLUOLE2)

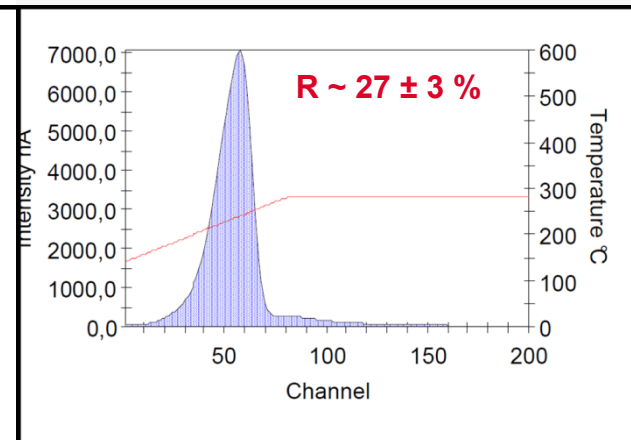
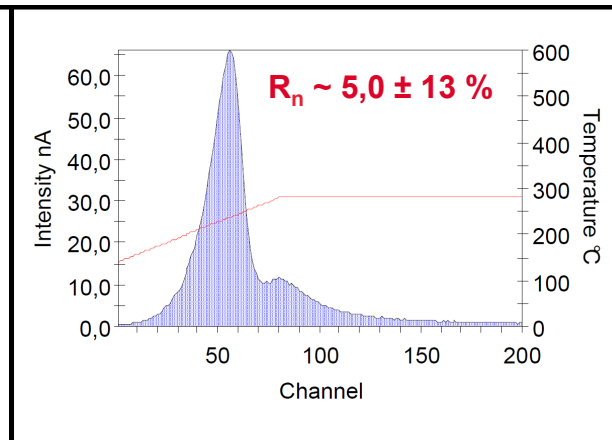
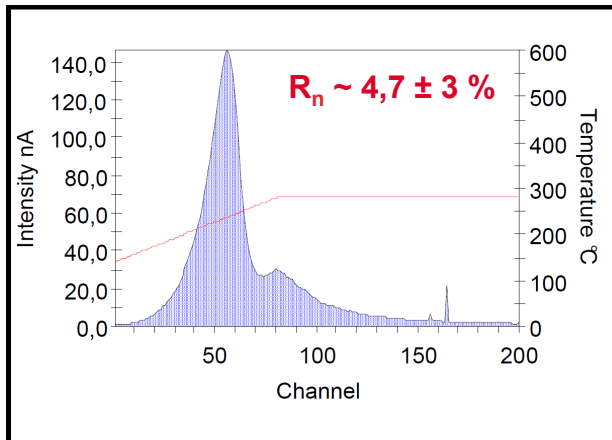
■ GENEPI-2 (champ neutron) : 4 kHz – 12 h

TLD-600 ( $^6\text{LiF}$ )

TLD-700 ( $^7\text{LiF}$ )

■ ÉOLE ( $\gamma$ -n) : 10 W – 10 min

TLD-700 ( $^7\text{LiF}$ )



- Contribution neutronique ( $\pm 10 \%$ ) / dose totale mesurée : 10-12 % en centre-cœur
  - Calculs préliminaires : contributions > 20 %
  - Faible précision sur la teneur en  $^6\text{Li}$  (données fabricants)
- 5-7 % en périphérie  
13-15 % à l'extérieur (eau)

**Perspectives – Phase 2 : thermalisation (écrans) et caractérisation du spectre**