

SciAm Projet 1 à l'IPHC

Tâche 1.1

Amélioration de l'évaluation de la section efficace
de diffusion inélastique du neutron sur ^{238}U via la
mesure des électrons de conversion

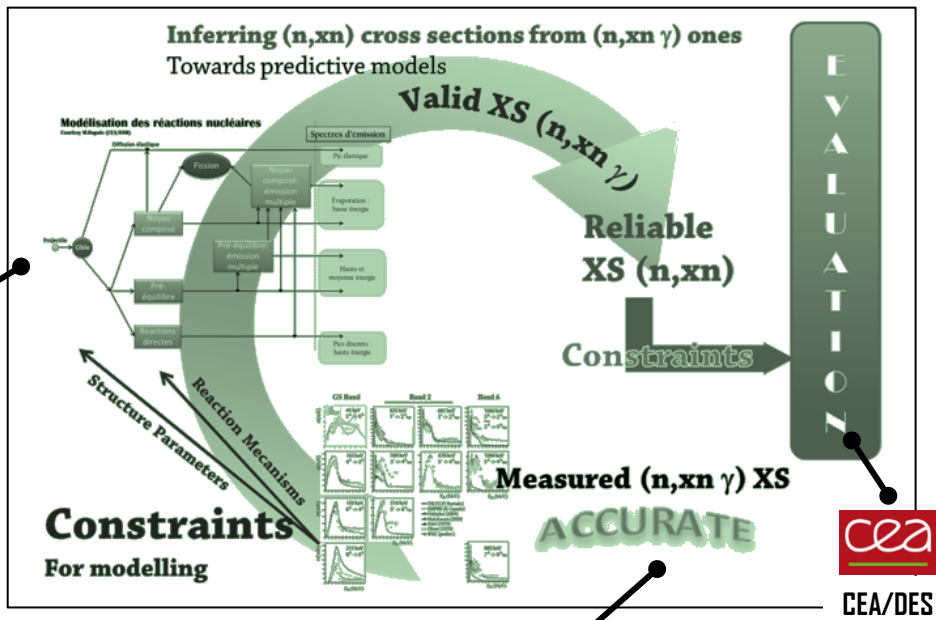
- Maëlle Kerveno (DR),
 - Greg Henning (CR),
 - Philippe Dessagne (DR émérite)
 - Andrea Tsinganis (CPJ, arrivée mi-2026)
- + 2 stagiaires / future doctorant.es



photographies non contractuelles






Amélioration de la connaissance de la diffusion inélastique de neutrons sur les actinides pour les applications réacteurs, en utilisant la méthode de la spectroscopie γ -prompte et l'état de l'art des codes de réactions nucléaires



Limite de la méthode expérimentale pour les actinides

- La section efficace de diffusion inélastique totale des actinides pairs (^{238}U , ^{232}Th) dépend à plus de 90% de la connaissance de la désexcitation du 1^{er} niveau excité, qui se fait par une transitions très fortement convertie (1 γ pour 600 e pour ^{238}U).
- Cela entraîne une forte incertitude dans la section efficace (n , $n'\gamma$) mesurée avec Graepheme.
- Détecter les électrons de conversion permettrait de réduire cette incertitude. → **projet Delco soutenu par le PEPR.**



@GELINA

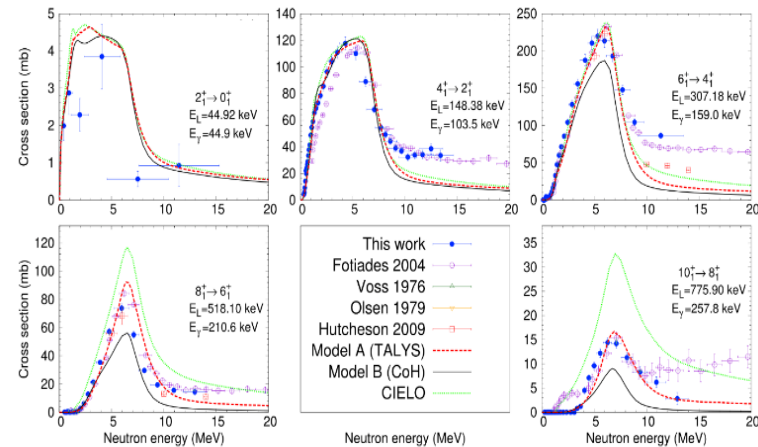
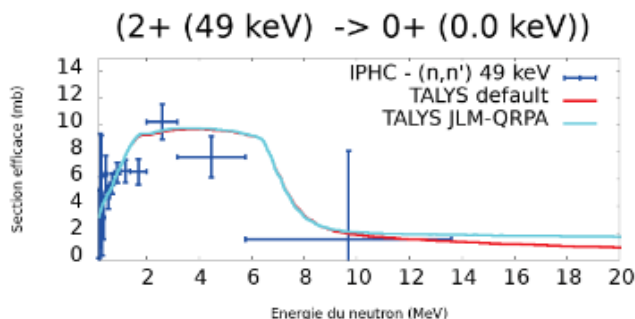
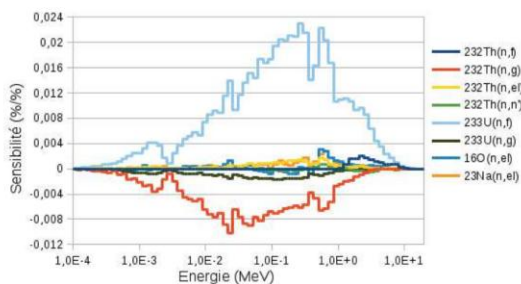
GRAPhEME (n , $n'\gamma$)

DELCO e^- conversion

@NFS

MAELS (n , $xn\gamma$)

- Mesures de section efficace $^{238}\text{U}(n,n'\gamma)$: La description microscopique des réactions aux énergies intermédiaires permet une meilleure reproduction de la distribution des spins. [M. Kerveno, et al. Phys. Rev. C 104].



- « Etude des réactions (n, xn) pour les noyaux fertiles / fissiles du cycle du combustible innovant au $^{232}\text{Thorium}$ » [Thèse E. Party, Univ. Strasbourg, 2019].

- Dans les isotopes $^{182}, ^{184},$ et ^{186}W , les sections efficaces expérimentales permettent un ajustement *global* des paramètres de modèle.

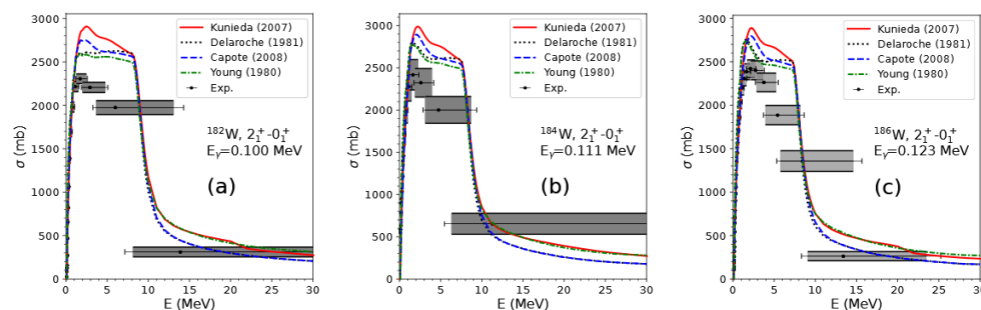


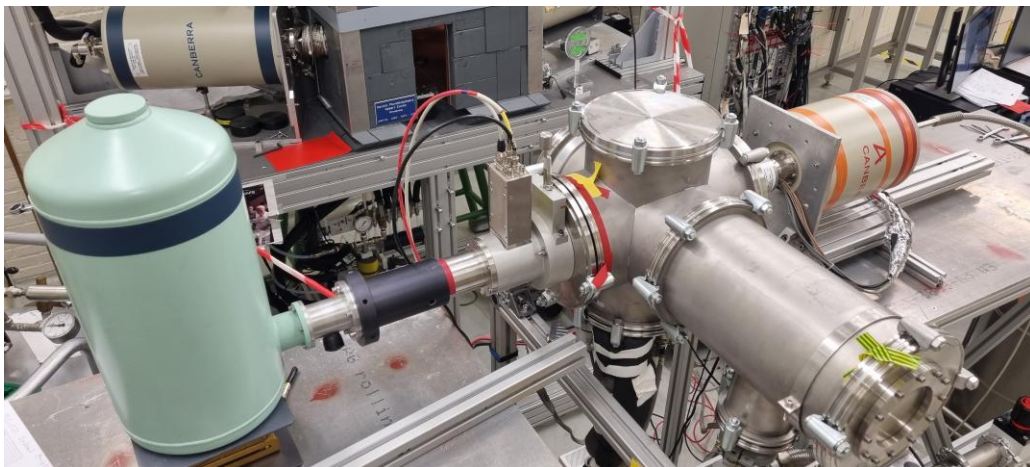
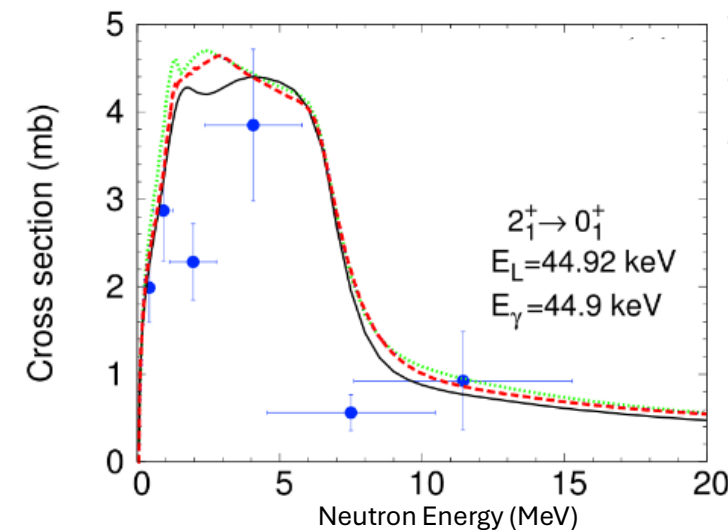
FIG. 18. Total cross sections for the $2_1^+ \rightarrow 0_1^+$ transition in (a) ^{182}W , (b) ^{184}W and (c) ^{186}W . Calculations using four different OMPs are compared to the current measurements (symbols).

- **Tâche 1.1** : amélioration de l'évaluation de la section efficace de diffusion inélastique du neutron sur ^{238}U via la mesure des électrons de conversion.

design et construction d'un détecteur au silicium pour la détection des électrons de conversion produits lors des réactions de diffusion inélastiques des neutrons sur les actinides et ^{238}U en particulier. Mesure prévue auprès de l'installation GELINA du EC-JRC Geel.

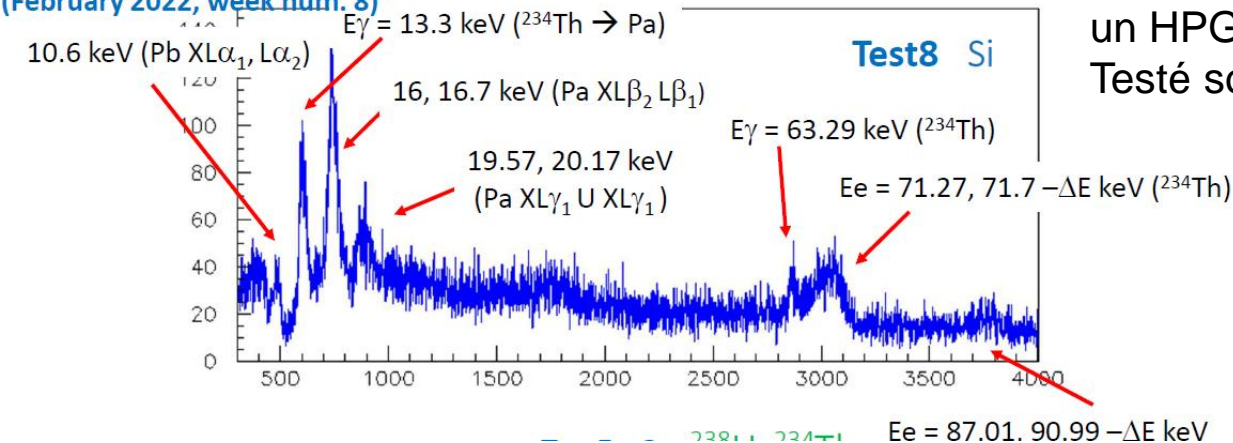
- Développement d'un spectromètre d'électron de conversion
- Approfondissement de l'étude $^{238}\text{U}(n, 2-3n \gamma)$ à NFS
- Etude des réactions de diffusion inélastique $(n, n'\gamma)$ avec Grapheme

Dans ^{238}U , ^{232}Th , les transitions des 1er états excités vers le fondamental portent $\sim 90\%$ de la section efficace (n, n') totale, mais sont très fortement converties, ce qui conduit à de très grande incertitudes dans les mesures γ avec GRAPhEME .



Nous développons un spectromètre d'électrons de conversion, pour le moment « proof of concept », testé sous radioactivité ^{238}U (γ , X, e^-) en 2022

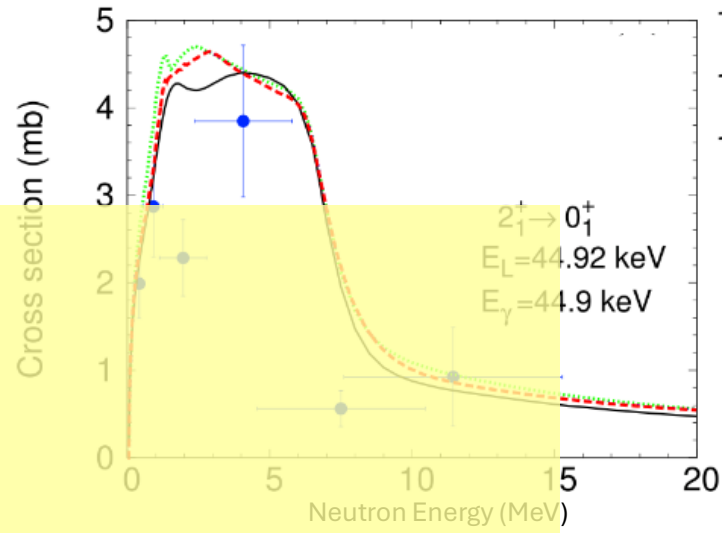
(February 2022, week num. 8)



Détecteur Si dans une chambre à vide, couplé à un HPGe, devant une cible de ^{238}U . Testé sous faisceau en 2026, analyse en cours

Markus Nyman, et al.. New equipment for neutron scattering cross-section measurements at GELINA. EPJ Web Conf., 239 (2020) 17003

Dans ^{238}U , ^{232}Th , les transitions des 1er états excités vers le fondamental portent ~90% de la section efficace (n, n') totale, mais sont très fortement converties, ce qui conduit à de très grande incertitudes dans les mesures γ avec GRAPhEME .



370 k€ d'équipements
+ 1 postdoc (36 mois) [Q4 2026 ou Q1 2027]

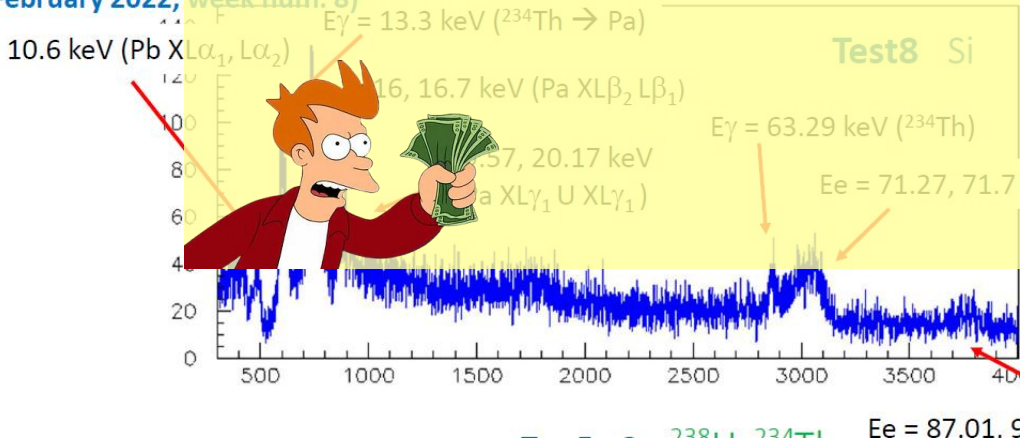
Nous développons un spectromètre d'électrons de conversion, pour le moment « proof of concept », (pour la radioactivité ^{238}U) en 2022

Détecteur Si dans une chambre vide, couplé à un HPGe, devant une cible de ^{238}U . Testé sous faisceau en 2026, au cours



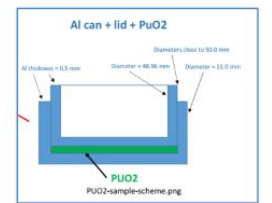
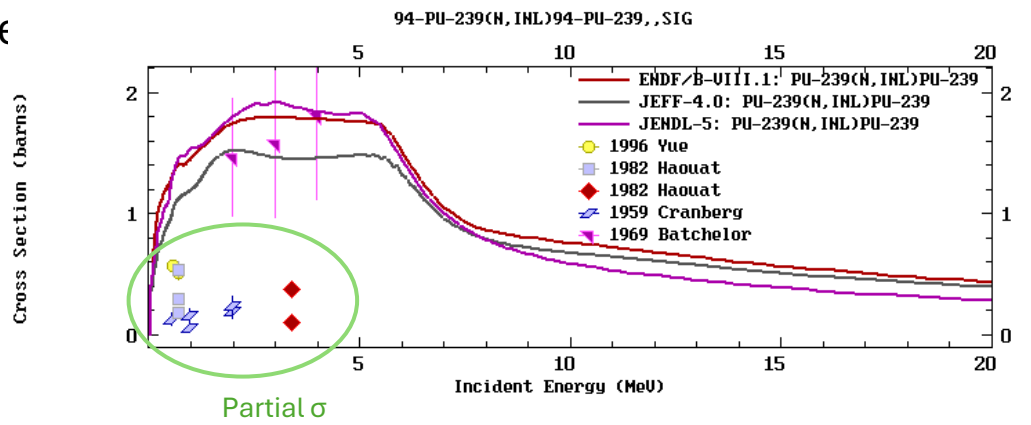
Livrable 2029: Prototype de détecteur

(February 2022, week num. 8)



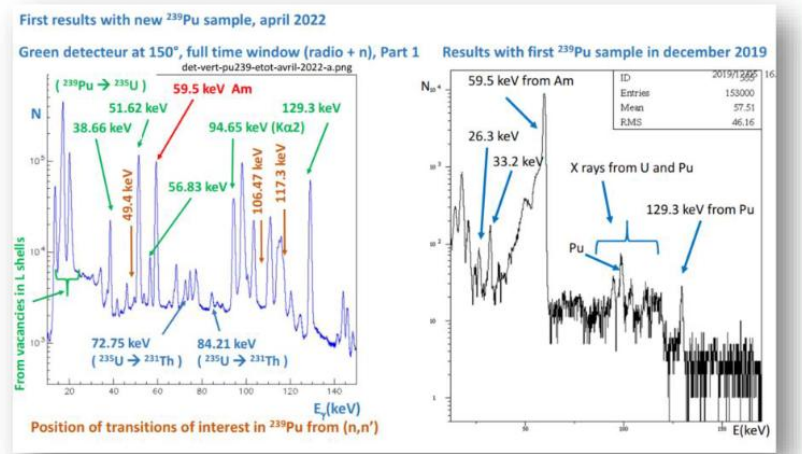
Markus Nyman, et al.. New equipment for neutron scattering cross-section measurements at GELINA. EPJ Web Conf., 239 (2020) 17003

Section efficaces $^{239}\text{Pu}(n, n'\gamma)$ avec Grapheme



m = 2,3 g
 $\varnothing = 49,95$ mm, A = 5,2 GBq

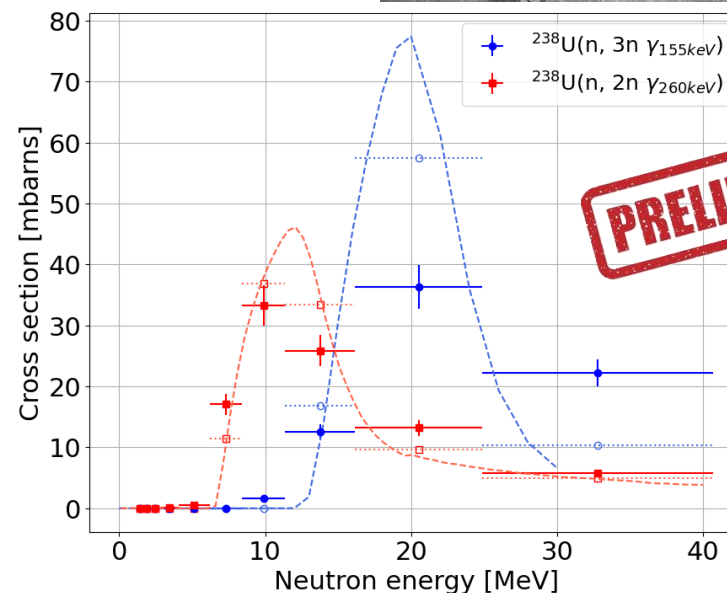
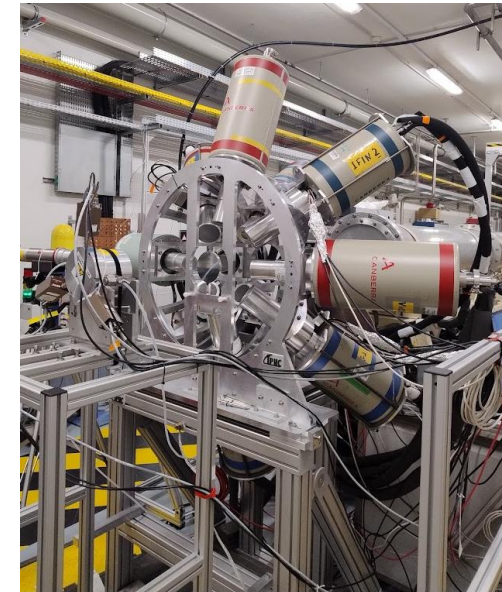
- Enregistrement des données en cours (depuis ~1 an)
 - Echantillon fortement radioactif (Am), nécessite une large quantité de donnée pour extraire le signal d'intérêt du bruit de fond
- Analyse de données : 2026-2028



1 Thèse, début: automne 2026

Sections efficaces $^{238}\text{U}(n, 2n \gamma)$ et $(n, 3n \gamma)$ à NFS

- Données enregistrées en 2024
- Using prompt γ spectroscopy **and** activation (^{237}U decay activity measurement for integrated $\sigma_{(n, 2n)}$)
- 12 HPGe.
- ^{238}U fission chamber (IPHC) for neutron flux measurement.
- Depleted ^{238}U targets provided by JRC-Geel
- 2 weeks in-beam, 16 days of decay observation.



PRELIMINARY RESULT

$^{238}\text{U}(n, xng)$ measurements at the new SPIRAL2/NFS facility Maëlle Kerveno. 16th Nuclear Data for Science and Technology Conference, 2025




**1 Thèse,
Début:
automne 2026**

L'équipe Données Nucléaires pour les Réacteurs à l'IPHC a longue expérience en mesure de sections efficaces ($n, xn\gamma$).




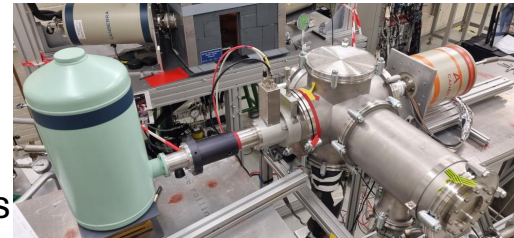
Le PEPR vient soutenir notre recherche dédiée à l'étude des réactions (n, xn), à travers trois axes.

 **DELCO** (Détecteur d'électrons de conversion) pour compléter les études ($n, n'\gamma$).


Soutien financier (équipement) et RH (1 post-doc)


 Livrables : Prototype de détecteur / première mesure.

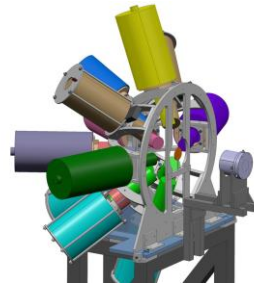
 Risques élevés : pas de certitude d'une possibilité d'extraire des sections efficaces ($n, xn e^-_{conv}$), nécessite de designer et construire un système de détection.



Thèses:

 Mesures de sections efficaces $^{239}\text{Pu}(n, xn\gamma)$ avec Grapheme (risque moyen : nous avons encore besoin d'enregistrer des données pour avoir suffisamment de statistique).

 Mesures de sections efficaces $^{238}\text{U}(n, 2-3n\gamma)$ à NFS (données déjà enregistrées) (risque faible: les données sont déjà enregistrées et une analyse préliminaire confirme qu'on peut extraire des section efficace.)



En maintenant nos collaborations expérimentales (JRC-Geel, IFIN-HH), théoriques et évaluation (CEA)