



DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

Avancées du projet ALDEN

Séminaire NACRE – 01-02 juin 2022

B. Geslot, A. Sardet, P. Casoli, P. Leconte, T. Kooyman, D. Belverge, A Chebboubi, G. Kessedjian



- I. Historique du projet
- II. Réalisations récentes
- III. Préparation de la prochaine campagne expérimentale
- IV. Perspectives futures
- V. Synthèse bibliographique

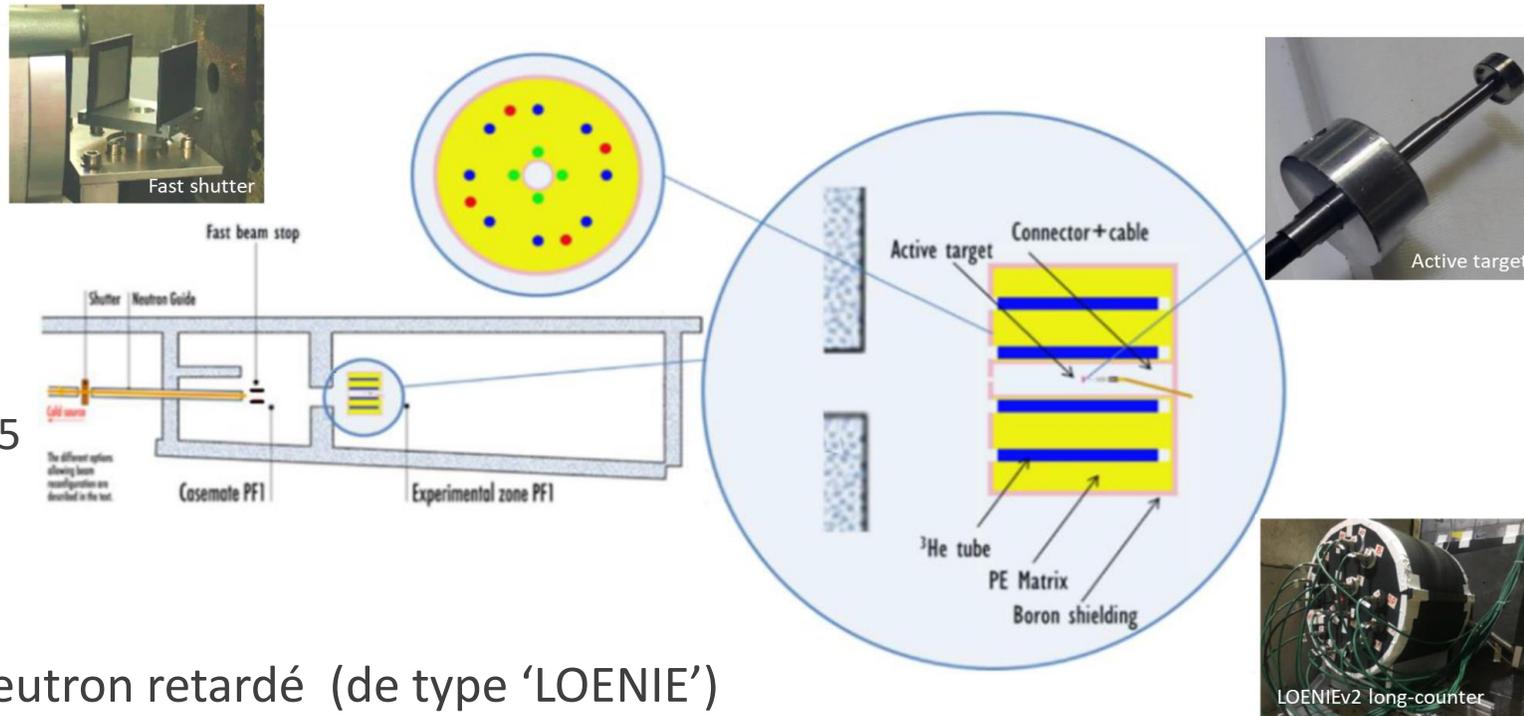
- I. **Historique du projet**
- II. Réalisations récentes
- III. Préparation de la prochaine campagne expérimentale
- IV. Perspectives futures
- V. Synthèse bibliographique

► Objectif du projet:

- Acquérir des données expérimentales de précision sur les données de neutron retardé (multiplicité, données cinétiques par groupe)
- Contribuer à JEFF-4 par des évaluations maîtrisées incluant des données de covariance

► Principe général

- Mesures de type macroscopique:
 - Sommation sur les précurseurs
 - Ponctuelle en énergie
 - Mono-isotope fissile
- Logique de complétude
 - Thermique: U3, U5, Pu9, Pu1, Cm5
 - Rapide: U8, U5, Pu9



► Moyens

- Développement de détecteur de neutron retardé (de type 'LOENIE')
- Développement de cibles (chambres à fission, échantillons inertes)
- Utilisation de faisceaux neutrons (ILL, PTB)

Les campagnes de mesures

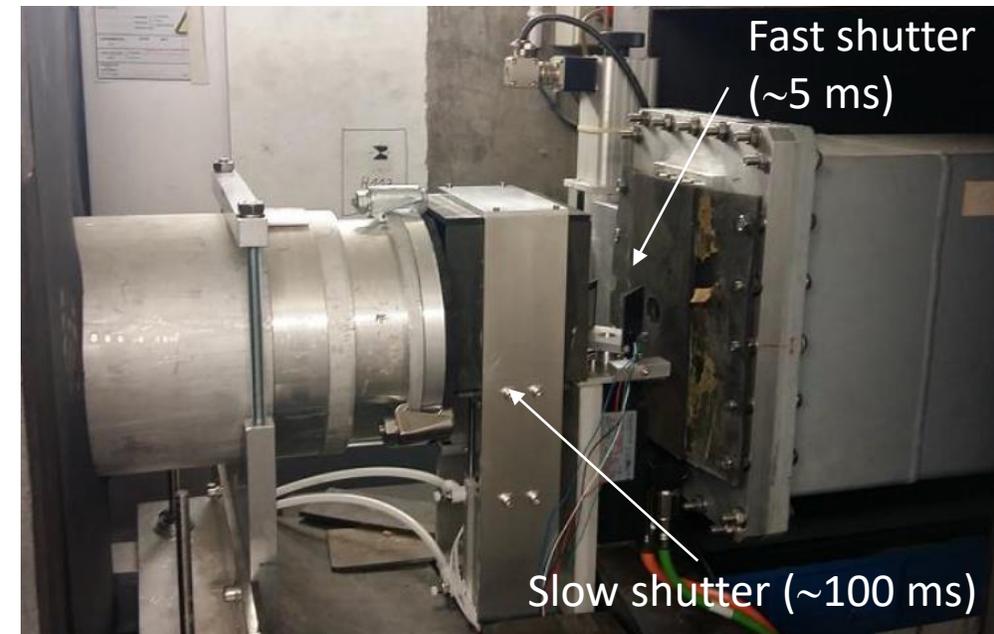
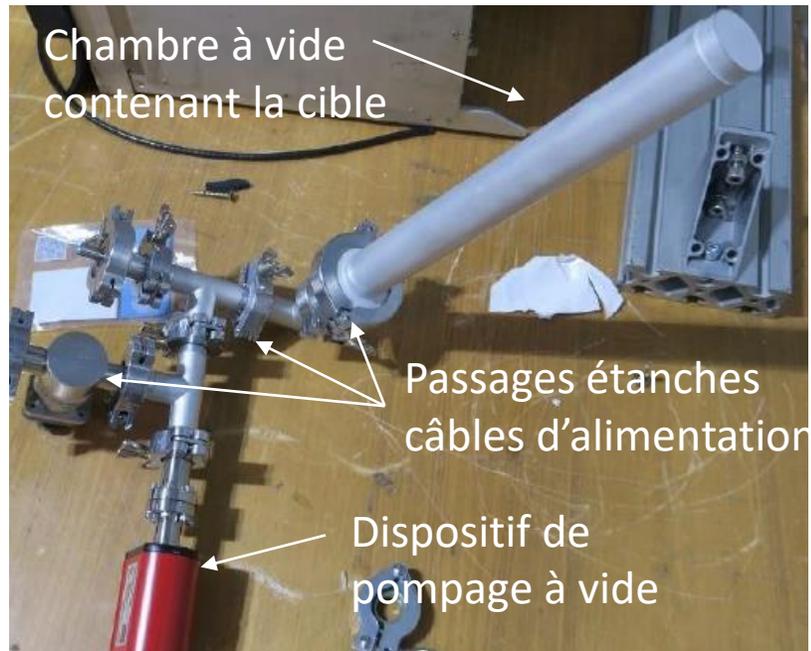
- ▶ Design et fabrication d'un long compteur LOENIEv2
- ▶ Juillet 2018 : 1^{er} test d'intégration au LPSC
- ▶ **Septembre 2018 : campagne ILL n°1 sur ^{235}U**
- ▶ Janvier 2019 : étalonnage au NPL
- ▶ Mars 2019 : étalonnage sur AMANDE
- ▶ **Juin 2019 : campagne ILL n°2 sur ^{235}U**
- ▶ **Mars 2021 : campagne ILL n°3 sur ^{235}U , ^{239}Pu et ^{233}U**
- ▶ Décembre 2021 : 2^e campagne de calibration au NPL
- ▶ Mars 2022 : campagne préparatoire à la mesure sur cible ^{238}U sur l'installation GENESIS (LPSC)



- I. Historique du projet
- II. Réalisations récentes**
- III. Préparation de la prochaine campagne expérimentale
- IV. Perspectives futures
- V. Synthèse bibliographique

3^e campagne ALDEN: ^{233}U et ^{239}Pu (mars 2021)

- **Objectif:** mesure du v_d et des paramètres par groupe (λ_i, a_i) associés à la fission thermique ^{239}Pu et ^{233}U
- **Modifications importantes:**
 - installation d'un 2^e shutter + lent mais dont l'objectif est de réduire le bdf
 - cibles ^{239}Pu et ^{233}U installées dans une chambre à vide



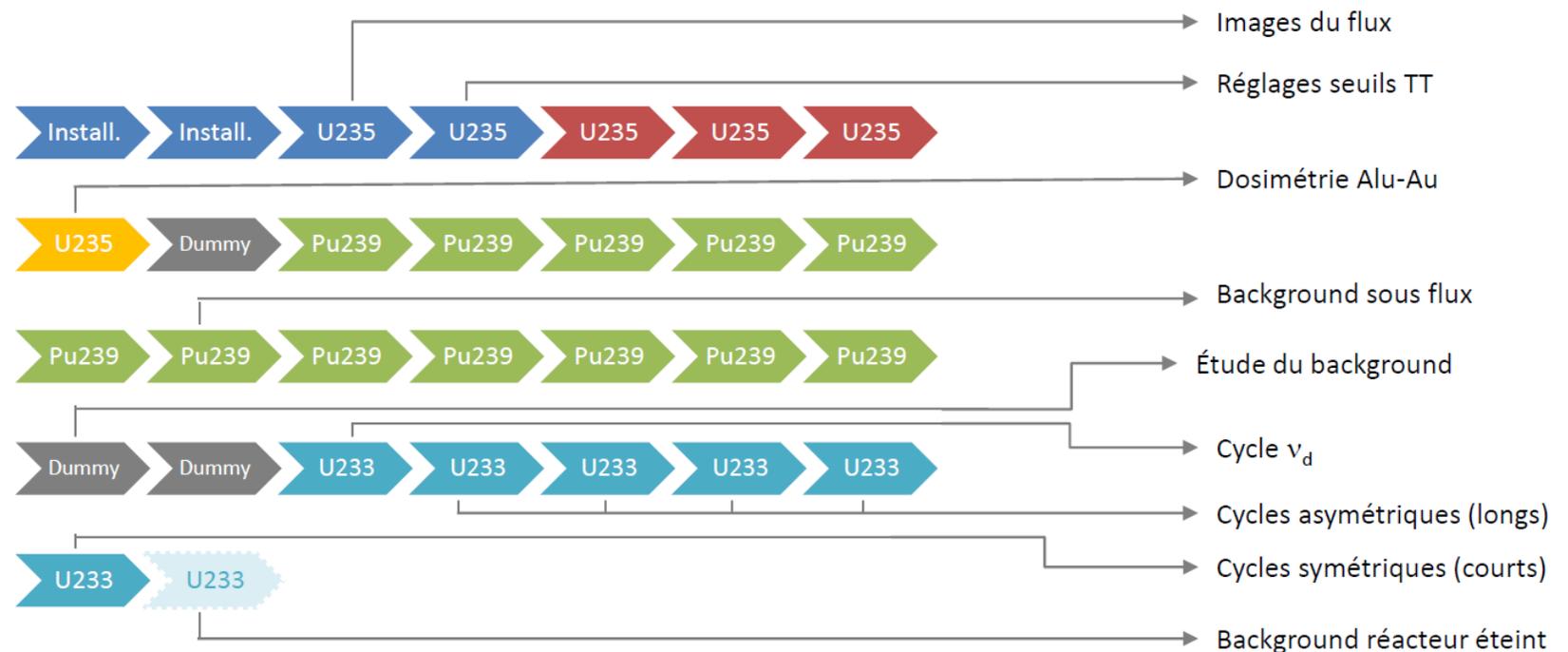
3^e campagne ALDEN: ^{233}U et ^{239}Pu (mars 2021)

► Déroulé de la campagne:

- 4 semaines de mobilisation incluant 26j de faisceau
- Fonctionnement mixte présentiel/distanciel
- Re-vérification cible ^{235}U (configuration chambre à vide cohérente avec ^{239}Pu et ^{233}U)

► Temps de faisceau effectifs

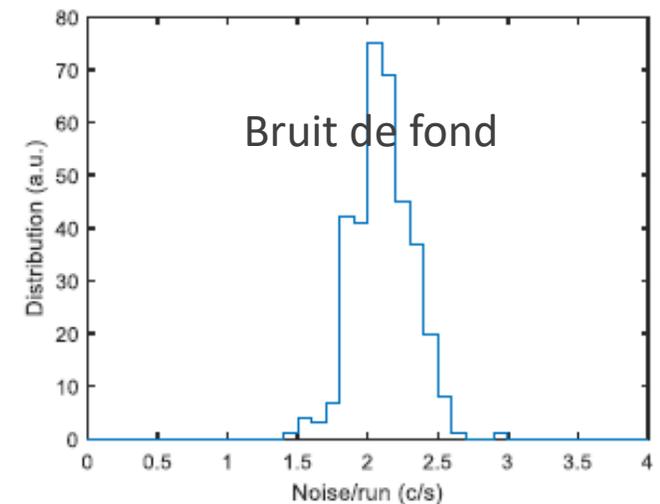
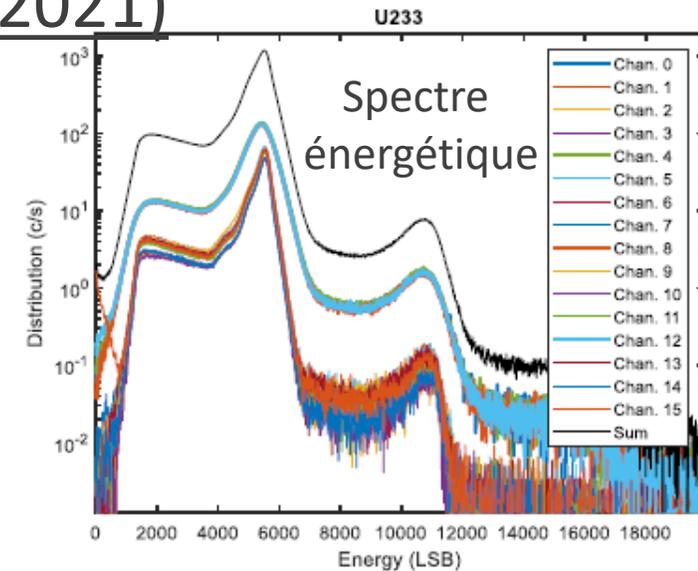
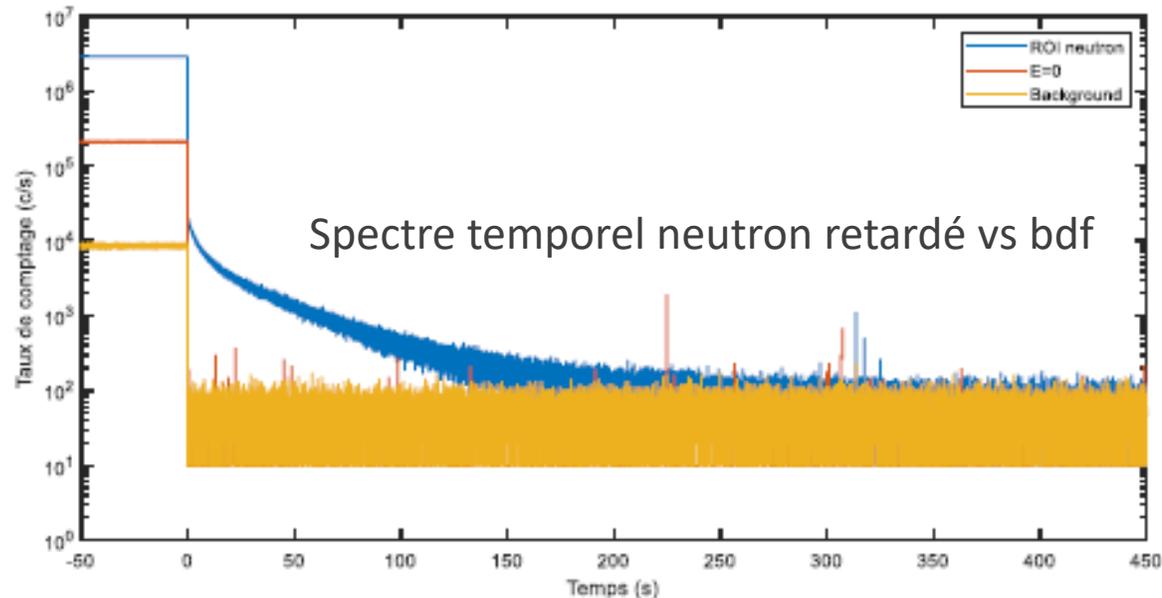
- U235: 72 h
- Pu239 : 270h
- U233 : 118h
- Factice : 10h



3^e campagne ALDEN: ^{233}U et ^{239}Pu (mars 2021)

► Quelques points clés de l'analyse :

- Spectres en énergie satisfaisants (seuils TT optimisés préalablement)
- Bruit de fond réduit d'un facteur 4 grâce au slow shutter
- Production des courbes de décroissance sommées sur N cycles
- Incertitude statistique sur le ν_d de l'ordre de 0.1%-0.2%



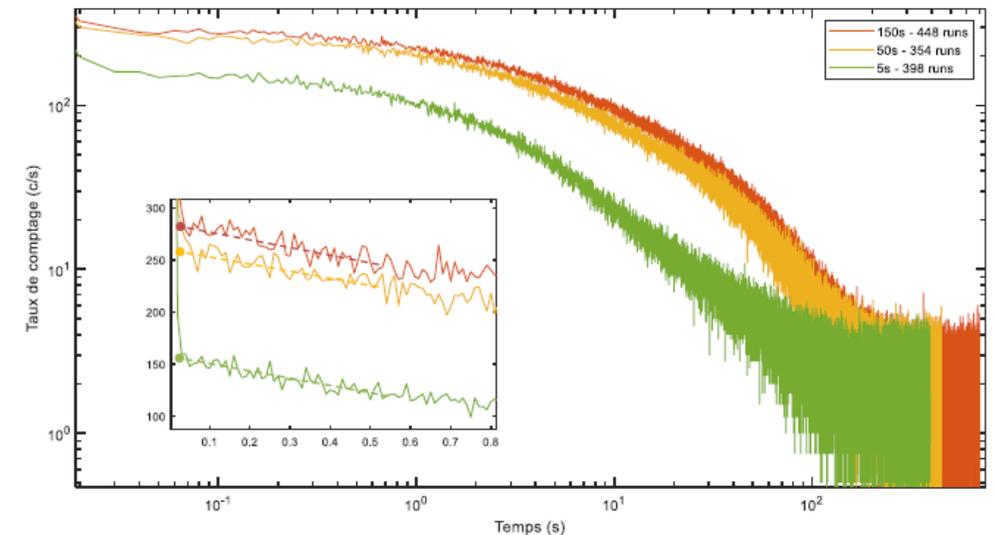
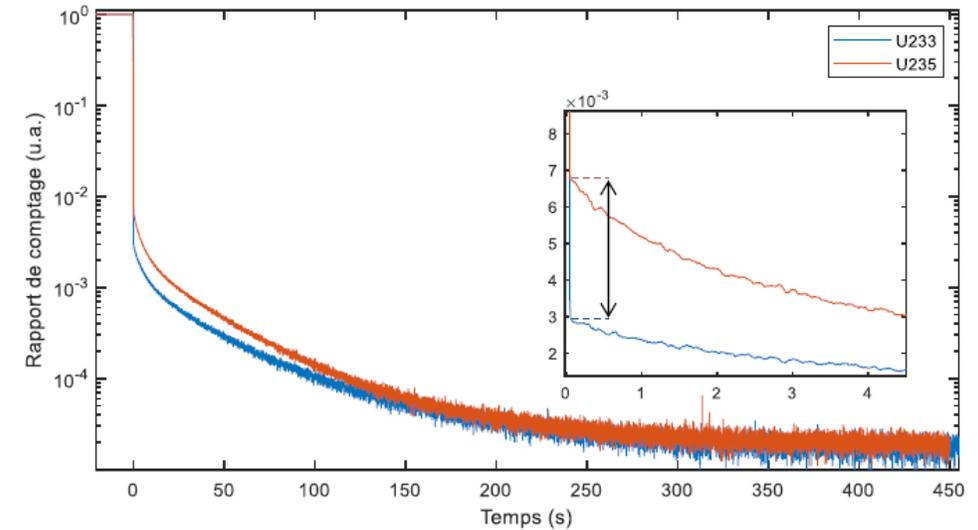
3^e campagne ALDEN: ^{233}U et ^{239}Pu (mars 2021)

► Résultats préliminaires sur les multiplicités ν

	ALDEN	IAEA (2021)	A/I -1
U235 (2019)	1.615 ± 0.014	1.621 ± 0.050	-0.7%
U235	1.619 ± 0.013	1.621 ± 0.050	-0.4%
Pu239	0.642 ± 0.006	0.628 ± 0.038	2.1%
U233	0.678 ± 0.006	0.667 ± 0.029	1.6%

► Reste à faire:

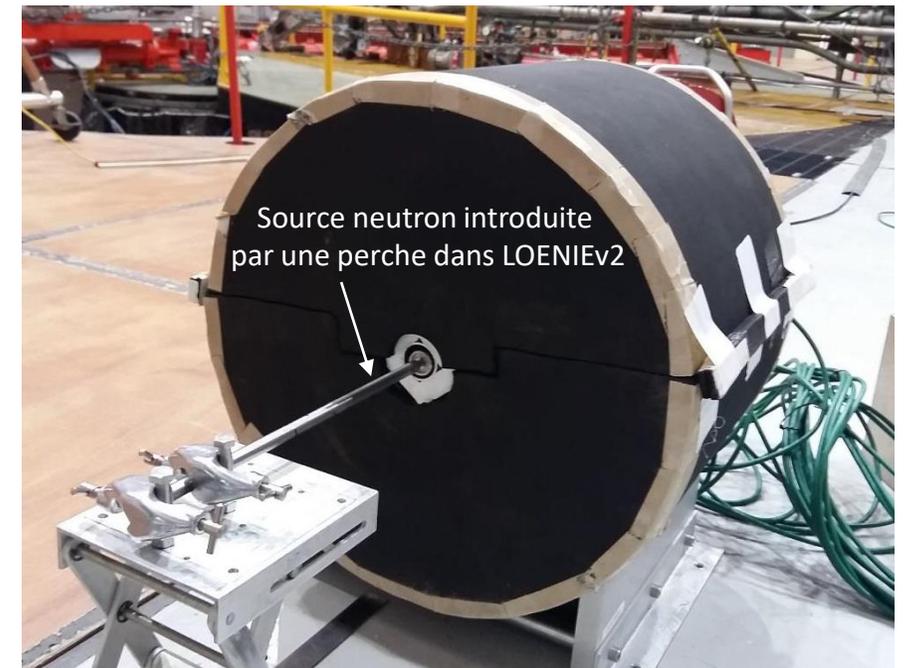
- Ajustement des paramètres par groupe sur les données expérimentales par le modèle théorique de dépendance temporelle



(re-)Calibration au NPL

- **Objectifs:** mesure de l'efficacité du long-compteur LOENIEv2 avec des sources neutron étalonnées
- **Apport de la nouvelle campagne :** cohérence avec les optimisations de seuils de détection affectés pour la campagne ALDEN-2 (TT= 800 LSB) et ALDEN-3 (TT = 450-550 LSB)

Type	Référence	Taux d'émission (n/s)	Incertitude (2σ)
AmB	7584B	4,24E+05	5,09E+03
AmF	7582F	1,32E+05	1,58E+03
AmBe(1)	1095	2,37E+06	3,04E+04
AmBe(2)	1679	7,57E+04	1,27E+03
AmBe(3)	1152	2,26E+05	3,70E+03
Cf	4774	7,83E+05	6,11E+03
AmLi	3250Li	2,07E+05	3,07E+03



- I. Historique du projet
- II. Réalisations récentes
- III. Préparation de la prochaine campagne expérimentale**
- IV. Perspectives futures
- V. Synthèse bibliographique

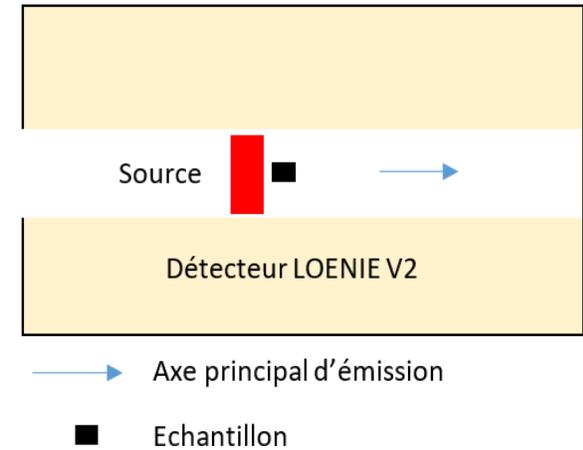
- ▶ **Objectifs:** acquisition de données expérimentales sur $^{238}\text{U}(n,f)$
- ▶ **Besoins et incertitudes cibles**
 - Rendement en neutron retardé à $\pm 3\%$ (1σ)
 - Paramètres par groupe (λ_i, a_i) assurant $T = \sum_{i=1}^8 a_i/\lambda_i$ à $\pm 3\%$ (1σ)
 - Couverture de la gamme en énergie [1-20 MeV]

▶ **Challenges à résoudre**

- Faible taux d'émission retardé (section efficace ET flux de neutron incident + faible q à l'LL)
- Réactions parasites dues au faisceau ou à la cible (impuretés ^{235}U , fission induite par neutron de fission)
- Détermination du taux de fission: dosimétrie neutron, calibration PTB, spectroscopie- γ de la cible
- Haut taux de comptage des tubes ^3He pendant les phases d'irradiation (période d'aveuglement?)

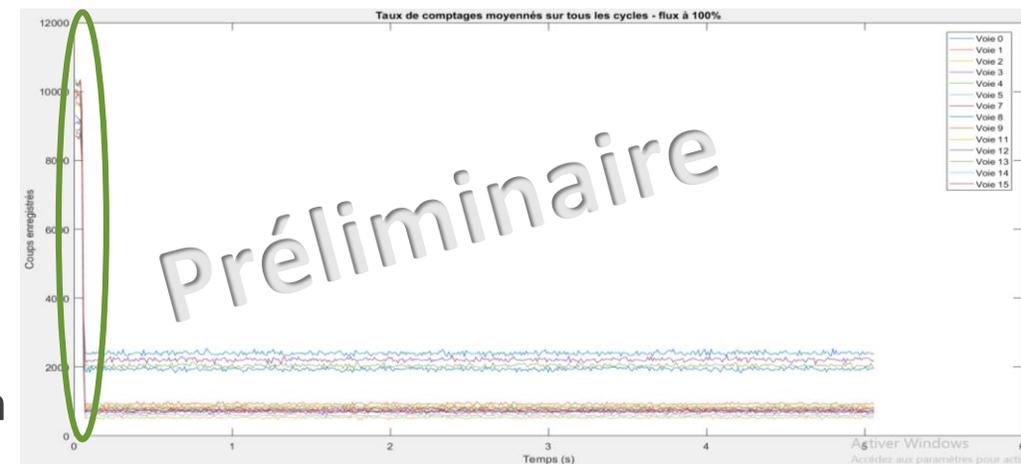
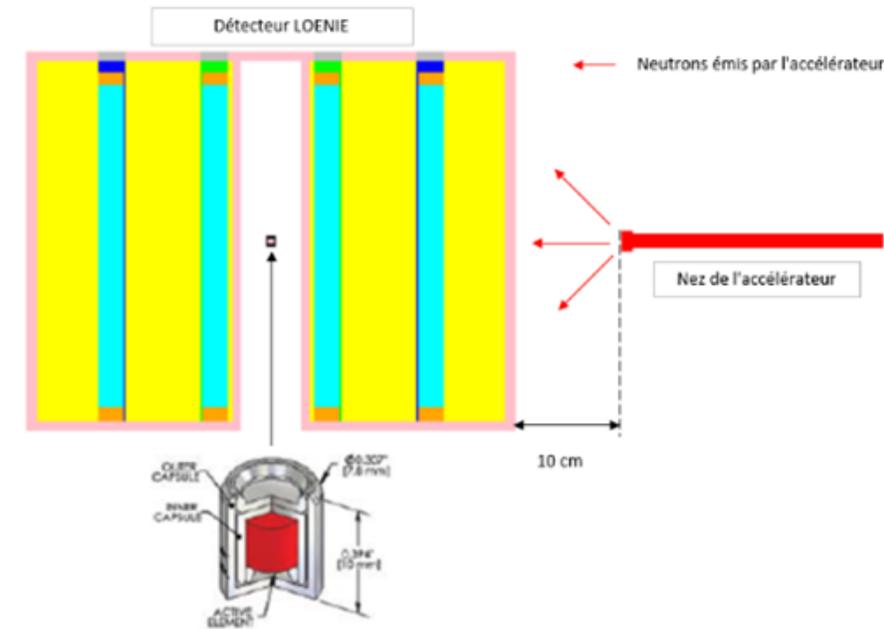
⇒ Stage 6 mois + thèse (début nov. 2021) de Dorian Belverge

Schéma de principe du set-up



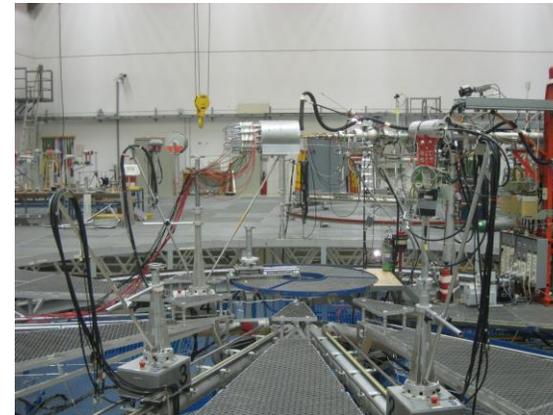
Campagne préparatoire sur la plateforme GENESIS (LPSC)

- ▶ **Objectifs:** Mesurer le temps de récupération du dispositif de mesure soumis à un intense flux de neutron ($> 10^6$ c/s)
- ▶ **Mise en oeuvre**
 - Source neutron AmBe de faible activité, introduite au centre de LOENIEv2 (étalon d'émission en neutron retardé) + ajout d'une source de neutrons 14 MeV par réaction DT
 - Irradiation du long compteur par des faisceaux de + en + intenses (2% - 100% flux max)
 - Réalisation de 120 cycles de type 10s *on* / 10s *off*
- ▶ **Conclusions**
 - Temps de récupération **inférieur à 5 ms** sans perte de comptage statistiquement significative
 - **Explosion de l'emprunte mémoire** lors des phases d'irradiation > Upgrade en cours du système d'acquisition pour intégrer un véto d'acquisition lors des irradiations



Prochaines étapes

- ▶ **Préparation de la cible:** encapsulation d'une pastille Umet (0.2% ^{235}U) de 15x15mm (~ 30g) dans un boîtier étanche + mesure $m(^{238}\text{U})$ par spectrométrie γ passive
- ▶ **Préparation de la campagne au PTB**
 - Demande ARIEL (deadline: 15 avril) de 98h -> acceptée
 - Visite scientifique (juin)
- ▶ **Campagne « test » de répétition sur GENESIS**
 - 1 semaine réservée en septembre
 - Démonstration de faisabilité d'une synchronisation faisceau / acquisition de données avec cible U238
- ▶ **Campagne au PTB**
 - 10j en novembre / décembre 2022: énergies 1-8 MeV et 14-19 MeV
 - 1 semaine supplémentaire au S1/2023: énergies 8-14 MeV



- I. Historique du projet
- II. Réalisations récentes
- III. Préparation de la prochaine campagne expérimentale
- IV. Perspectives futures**
- V. Synthèse bibliographique

- ▶ Analyse des mesures ^{238}U acquises au PTB (2023)

- ▶ Campagne expérimentale ILL (T1-T2/2023) sur cible ^{241}Pu (+ reprise cibles ^{239}Pu pour comparaison)

- ▶ Suite (post-2024): intérêt pour la mesure des spectres de neutrons retardés, agrégés en temps
Révision complète du set-up expérimental à prévoir:
 - Choix du nombre et du type de compteurs (^3He , stilebene?) ?
 - Configuration de mesure avec ou sans modération des neutrons ?
 - Adéquation des cibles actuelles avec l'incertitude cible souhaitée?
 - Re-calibration du système dans des spectres de référence (^{252}Cf , AmLi, AmBe... + faisceaux accélérateur)

- I. Historique du projet
- II. Réalisations récentes
- III. Préparation de la prochaine campagne expérimentale
- IV. Perspectives futures
- V. Synthèse bibliographique**

Rapports et publications

- ▶ 05/19 : Conférence Nuclear Data 2019
- ▶ 06/19 : Conférence ANIMMA 2019
- ▶ 10/19 : Mémoire de thèse D. Foligno
- ▶ 10/20 : Rapport d'expérience ILL 1ere campagne
- ▶ 09/21 : Rapport d'expérience ILL 2^e campagne

D. Foligno, P. Leconte, O. Serot, B. Geslot, G. De Izarra, A. Chebboubi, A. Sardet, M. Diakaki, P. Tamagno, A. Billebaud, F.-R. Lecolley, T. Soldner, U. Köster, P. Mutti, A. Pepino, O. Méplan, G. Kessedjian, J-L. Lecouey, L. Mathieu and N. Marie, et al. **"Measurement of the delayed-neutron multiplicity and time constants in the thermal neutron induced fission of ^{235}U at ILL"**. *EPJ Web Conf. Volume 239, 2020. ND 2019: International Conference on Nuclear Data for Science and Technology*

B. Geslot, P. Leconte, G. de Izarra, D. Foligno, O. Serot, A. Chebboubi, A. Billebaud, L. Mathieu, N. Marie, F.-R. Lecolley, J.-L. Lecouey, U. Koester and T. Soldner, **"A new experiment at ILL for measuring the kinetic behavior of delayed neutron precursors from thermal induced fission of ^{235}U "** *ANIMMA Conference, Juin 2019*

P. Leconte, B. Geslot, A. Sardet, A. Chebboubi, M. Diakkaki, G. Kessedjian, U. Koester, T. Soldner, D. Doré, X. Ledoux, **Measurement of the delayed-neutron yield and group parameters in the thermal neutron induced fission of ^{239}Pu** , *Publication acceptée pour ND2022 International Conference on Nuclear Data for Science and Technology*